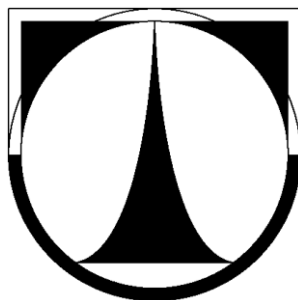


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Inovace lisovacího přípravku pro lisování
bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu automobilu

Lukáš Ondráček

2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: 3909T010 - Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobku

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace lisovacího přípravku pro lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu automobilu

Innovation of pressing block for inserting safety plate into door bracket in vehicle

Jméno autora: Bc. Lukáš Ondráček

Vedoucí DP: Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc. TU Liberec

Oponent DP: Ing. Matěj Slába. WITTE Nejdek, spol. s r.o.

Konzultant DP: Bc. Petr Straka. WITTE Nejdek, spol. s r.o.

Rozsah práce a příloh:

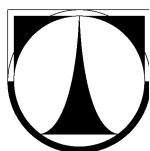
Počet stran: 60

Počet obrázků: 58

Počet tabulek: 21

Počet příloh: 4

Datum: 13. května 2013



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Bc. Lukáš Ondráček**

Studijní program: **N2301 – Strojní inženýrství**
Obor **3909T010 - Inovační inženýrství**

Zaměření: **Inovace výrobků**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace lisovacího přípravku pro lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu automobilu

Zásady pro vypracování:

Inovujte lisovací zařízení na lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu tak, aby bylo docíleno zlepšení kvality lisování plechu, zefektivnění výrobního procesu, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času oproti současnému zařízení. Zařízení musí být jednoduché, levné, se snadnou údržbou a obsluhou.

- 1) Představení úkolu (předmět inovace, inovační záměr, seznámení s firmou, výrobkem a procesem výroby)
- 2) Seznámení se současným zařízením
- 3) Navrhnout 5 různých řešení lisovacího stroje
- 4) Dle identifikace zákaznických potřeb, zhodnocení nejdůležitějších kritérií a rozhodovací tabulky vybrat nejlepší řešení
- 5) Rozpracovat konečné varianty (FMEA, konstrukce, výpočty)
- 6) Popsat přínos nového lisovacího zařízení na zlepšení kvality lisování plechu, zefektivnění procesu výroby, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času oproti současnému zařízení. Ekonomické zhodnocení.
- 7) Vytvořit výkresovou dokumentaci k lisovacímu zařízení
- 8) Závěr

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: cca 50 stran textu včetně obrázků
- grafické práce: množství nezbytné pro snadné pochopení látky čtenářem
výkresová dokumentace

Seznam literatury:

MAŠÍN, Ivan; ŠEVČÍK, Ladislav. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. 179 s. ISBN 80-903533-0-4.

MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 178 s. ISBN 978-80-7372-852-6

LEPŠÍK, Petr, Ivan MAŠÍN. *Nástroje řízení projektů: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 202 s. ISBN 978-80-7372-854-0.

Leinveber, J. – Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Albra, Úvaly 2005. ISBN 80-736-01-6

webová stránka: <http://www.witte-automotive.cz/>

webová stránka: <http://www.festo.com>

webová stránka: <http://www.stranskyapetrzik.cz>

webová stránka: <http://www.haberkorn.cz>

Další zdroje

Interní podnikové materiály Witte-automotive

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc. TU Liberec**

Oponent diplomové práce: **Ing. Matěj Slába. WITTE Nejdek, spol. s r.o.**

Konzultant diplomové práce: **Bc. Petr Straka. WITTE Nejdek, spol. s r.o.**

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 11.12.2012

PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 13. května 2013

.....
Lukáš Ondráček

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 13. května 2013

.....
Lukáš Ondráček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. z katedry částí a mechanismů strojů TU v Liberci za poskytnutý čas a připomínky, svému konzultantovi Bc. Petru Strakovi z WITTE Nejdek, spol. s r.o. , dále jen WITTE Automotive, za poskytnuté firemní informace a konzultaci k dané problematice.

Děkuji firmě WITTE Automotive za možnost vypracování diplomové práce a za poskytnuté zázemí při řešení daného problému.

ANOTACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TÉMA:

Inovace lisovacího přípravku pro lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu automobilu

ANOTACE:

Tato diplomová práce se zabývá inovací lisovacího zařízení na lisování bezpečnostního plechu do dveřní výztuhy automobilu. Je představeno 5 variant, ze kterých je dle nejdůležitějších kritérií vybrána nejlepší. Ta je dále detailně rozpracována. Cílem nové konstrukce je zajistit zvýšení kvality zalisování plechu do výztuhy, zefektivnění procesu výroby, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času oproti současnému zařízení. V závěru práce jsou shrnuty a vyhodnoceny dosažené cíle.

DIPLOMA PROJECT

THEME:

Innovation of pressing block for inserting safety plate into door bracket in vehicle

ANNOTATION:

The diploma project innovates pressing technology of safety plate into door bracket in vehicle. Firstly I introduce 5 different variants, and then according to the most suitable criteria of each variant I will choose the best option. Afterward I take the option into further investigation. The main goal of new construction is to secure quality increase of pressing process, optimize assembly process, increase of production capacity, reduction of current cycle time. In conclusion I will make an overview of whole analyze and evaluate reached target.

Obsah

Použité symboly a označení.....	9
Seznam obrázků, seznam tabulek.....	10
1. Předmět inovace.....	12
1.1. Cíl práce.....	12
1.2. Předpoklady a omezení.....	13
1.3. Současný stav.....	13
1.4. Dílčí cíle pro inovované výrobní zařízení.....	16
1.5. Harmonogram projektu.....	17
1.6. Seznámení s dveřní výztuhou MLGB.....	18
1.7. Současný layout výrobních linek	19
1.8. Seznámení s výrobním procesem.....	20
1.9. Identifikace zákaznických potřeb.....	21
2. Witte Automotive.....	23
3. Návrhy pro optimalizaci zařízení.....	24
3.1. Koncept č. 1.....	25
3.2. Koncept č. 2.....	26
3.3. Koncept č. 3.....	28
3.4. Koncept č. 4.....	30
3.5. Koncept č. 5.....	33
4. Porovnání konceptů a výběr nejoptimálnějšího řešení.....	36
4.1. Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů.....	38
5. Rozpracování vítězného konceptu.....	40
5.1. Výběr vhodného pneumatického pohonu.....	41
5.1.1. Měření lisovací síly – zkouška.....	42
5.1.2. Výpočet lisovací síly – FEM analýza.....	44
5.1.3. Výběr pneumatického pohonu a válců.....	48
5.2. Konstrukce lisovacího stroje.....	50
5.3. P-FMEA.....	54
6. Ekonomické zhodnocení projektu.....	56
7. Závěr.....	58
 Seznam použité literatury.....	 60
Seznam příloh.....	60

Použité symboly a označení

Označení [Jednotka] Název veličiny/popis

DFMEA	Design Failure Mode Effects Analysis – konstrukční
FEM	Finite element method
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (analýza vzniku vad a jejich násl.)
ks	kus
KST	Katedra částí strojů a mechanismů
LGB	lagerbügel – dveřní výztuha
MKP	Metoda konečných prvků
MLGB	Multi-lagerbügel - dveřní výztuha
Obr.	obrázek
PFMEA	Process Failure Mode Effects Analysis – procesní
Tab.	tabulka
TMU	Time measurement unit – jednotka čas 1TMU=0,036s
TUL	Technická univerzita v Liberci
VU	vážená hodnota
VW	Volkswagen
A[%]	tažnost
€	euro
f	součinitel smykového tření
f [Hz]	frekvence
E[MPa]	modul pružnosti v tahu
F [N]	síla
F _v [N]	výsledná síla
k	součinitel bezpečnosti
m [kg]	hmotnost
p [Pa]	tlak
Q [C]	elektrické náboj
s [m]	dráha
t [s]	čas
U [V]	elektrické napětí
v [m/s]	rychlost
Ø [m]	průměr

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Ukázka komponentů zajišťující otevírání a zavírání dveří.....	12
Obr. 1.2: Montážní linka Karusel MLGB.....	14
Obr. 1.3: Postup montáže na lince Karusel MLGB.....	14
Obr. 1.4: Layout montážní linky Karusel MLGB.....	15
Obr. 1.5: Postup výroby podsestavy výztuhy a plechu na jednoduchém ručním lisu.....	15
Obr. 1.6: 3D model dvevní výztuhy a bezp. plechu.....	16
Obr. 1.7: Harmonogram projektu – MS Project.....	17
Obr. 1.8: Sada 4 kompletních výztuh a klik pro automobil VW Golf 6.....	18
Obr. 1.9: Kusovník dvevní výztuhy MLGB.....	18
Obr. 1.10: Kompletní systém dvevní výztuhy.....	18
Obr. 1.11: Příklad použití systému – VW GOLF 6.....	18
Obr. 1.12: Současný layout systému výrobních linek a vstřikovacích strojů.....	19
Obr. 1.13: Popis procesu výroby.....	20
Obr. 1.14: Layout montážní linky MLGB STEIN I.....	20
Obr. 2.1: Ukázka produktů Witte automotive.....	23
Obr. 3.1: Schéma propojení technologií => umístění lisovacího přípravku A,B.....	24
Obr. 3.2: 3D model – Koncept 1.....	25
Obr. 3.3: 3D model – Koncept 2.....	27
Obr. 3.4: 3D model – Koncept 3.....	29
Obr. 3.5: Postup montáže - Koncept 3.....	30
Obr. 3.6: 3D model – Koncept 4.....	32
Obr. 3.7: Postup montáže - Koncept 4.....	33
Obr. 3.8: Umístění nové automatické stanice – Koncept 4.....	33
Obr. 3.9: 3D model – Koncept 5.....	35
Obr. 5. : Vítězný koncept č. 3.....	40
Obr. 5.1: Snímač síly Kistler 9311b.....	41
Obr. 5.2: Zesilovač náboje Kistler 5995.....	41
Obr. 5.3: Ruční lis se svěrákem.....	42
Obr. 5.4: Zakládání s kostkou.....	42
Obr. 5.5: Předmontovaná výztuha s plechem.....	42
Obr. 5.6: Výztuha ustavená ve svěráku.....	42
Obr. 5.7: Polohy při lisování plechu.....	43
Obr. 5.8: Odečtení max. síly.....	43
Obr. 5.9: Očíslované zkušební vzorky.....	43
Obr. 5.10: FEM analýza - Osekání 3D modelu výztuhy.....	44
Obr. 5.11: FEM analýza – Uchycení klipů, nastavení kontaktů, nastavení síly.....	45
Obr. 5.12: FEM analýza – Vytvoření husté sítě v kritických místech.....	45
Obr. 5.13-5.18: Posun plechu v závislosti na působící síle.....	46
Obr. 5.19: Napětí v materiálu (MPa) v okamžiku zalisování při působící síle 1000N.....	47
Obr. 5.20: Pohon DFM.....	48

Obr. 5.21: Zdvih pístu.....	48
Obr. 5.22: Přehled periferií vodící jednotky DFM.....	49
Obr. 5.23: Výsledné typové označení vodící jednotky DFM.....	49
Obr. 5.24: Znázornění rozjezdu zakládání a propadávání dílů.....	49
Obr. 5.25 – 5.31: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 1-7.....	50
Obr. 6.1: Porovnání nákladů před a po optimalizaci.....	57
Obr. 7: Foto realizace lisovacího stroje.....	59

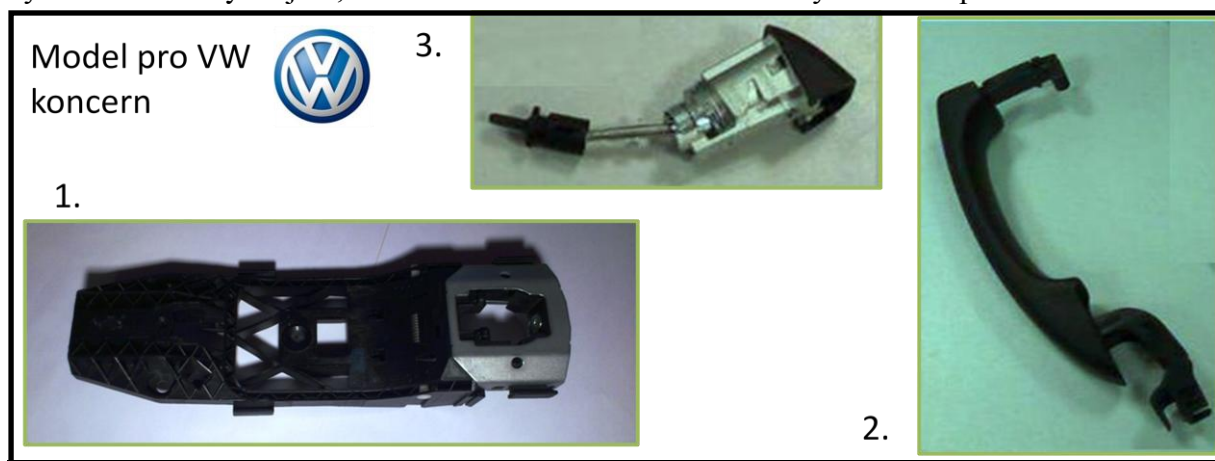
Přehled tabulek

Tab. 3.1: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 1.....	26
Tab. 3.2: Odhad času montáže – Koncept 1.....	26
Tab. 3.3: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 1.....	26
Tab. 3.4: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 2.....	28
Tab. 3.5: Odhad času montáže – Koncept 2.....	28
Tab. 3.6: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 2.....	28
Tab. 3.7: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 3.....	31
Tab. 3.8: Odhad času montáže – Koncept 3.....	31
Tab. 3.9: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 3.....	31
Tab. 3.10: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 4.....	34
Tab. 3.11: Odhad času montáže – Koncept 4.....	34
Tab. 3.12: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 4.....	34
Tab. 3.13: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 5.....	36
Tab. 3.14: Odhad času montáže – Koncept 5.....	36
Tab. 3.15: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 5.....	36
Tab. 4.1: Zvolená kritéria hodnocení a jejich váha.....	37
Tab. 4.2: Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů.....	39
Tab. 5.1: Výsledky naměřené síly.....	43
Tab. 5.2: Přehled vyráběných variant pohonů s přímočarým vedením DFM.....	48
Tab. 5.2: Rychlosti a síly pohonů s přímočarým vedením DFM.....	48
Tab. 5.3: Vybraný pneumatický válec pro odjezd zakládání	49
Tab. 5.4: P-FMEA.....	55

1. Předmět inovace

Předmětem inovace je vytvořit stroj vhodný pro lisování bezpečnostního plechu na plastovou dvevní výztuhu (lagerbügel – zkratka LGB).

Tento výrobek se vyrábí pro automobilový průmysl a v různých podobách se nachází v každém automobilu. Je to jeden z dílů zajišťující otevírání dveří. LGB (1) se montuje do dveří, jeho protikusem je vnější dvevní klika (2). Skrz tyto dva díly je montována cylindrická vložka (3). Bezpečnostní plech se nachází vždy u dveří řidiče a slouží jako ochrana proti vykrádání. Je tedy zřejmé, že z celkového množství dvevních výztuh tvoří plechová verze ¼.



Obr. 1.1: Ukázka komponentů zajišťující otevírání a zavírání dveří

1.1. Cíl práce

Navrhnout lisovací zařízení, které bude schopné kvalitně lisovat bezpečnostní plech na plastovou dvevní výztuhu bez otřepů, poškrábání či odlomení částí plastového dílu. Tato inovace se provádí z důvodu navýšení zákaznického požadavku, zkrácení výrobního taktu, zvýšení kvality a v neposlední řadě je plánováno dosáhnout úspory mzdových nákladů. Pro operátora, který bude obsluhovat stroj, je nutné vytvořit ergonomicky vhodné pracoviště, které bude vyhovovat i po stránce bezpečnosti práce. Při návrhu je nutné počítat s několika problémy, které jsou uvedené a rozepsané v předpokladech a omezeních. Harmonogram projektu bude zhotoven v programu Microsoft Office Project.

Cílem práce je také seznámit se se stávajícím výrobním zařízením a náhradním řešením, popsat jejich stav, problémy a poučit se z nich při tvorbě nového zařízení. Na základě nedostatečných výrobních parametrů stávajícího stroje (procesní čas lisování, produktivita, prostoje, norma, kapacita) jsou stanoveny dílčí cíle pro nový lisovací stroj. Mezi hlavní cíle projektu patří **40%** navýšení výrobní kapacity, **15%** snížení mzdových nákladů, dodržení výrobního taktu **5s/ks** a procesního času lisování **1s/ks**. Další cíle, předpoklady a omezení jsou vypsány v kapitole **1.2** a **1.4**. Je samozřejmě nutné seznámit se s dvevní výztuhou, jednotlivými vstupujícími díly a funkcí výrobku v automobilu a také parametry, kterými musí výrobek disponovat, aby splňoval přísná kritéria automobilového průmyslu. Aby bylo možné

správně a optimálně navrhnout nový inovovaný stroj, je nutné pochopit a nastudovat stávající proces výroby od vstřikovacího stroje vyrábějící plastové dveřní výztuhy, přes dopravníkový systém dopravující výztuhy k výrobní lince až po konečnou montáž na a kontrolu výrobní sestavy. Velmi důležité je stanovit zákaznické potřeby. Po úvodu krátce představím firmu WITTE Automotive, která se zaměřuje na zamykací systémy pro automobilový průmysl. V této firmě již třetím rokem pracuji na pozici průmyslový inženýr a tato diplomová práce je zaměřená na optimalizaci výrobní linky nacházející se v této firmě.

V další části této práce je cílem navrhnout 5 různých variant lisovacího stroje lišících se v koncepci, stupni automatizace, investici a mimo jiné i procesním čase lisování. Poté je nutné jednotlivé varianty vyhodnotit, porovnat je na základě zákaznických potřeb a dle rozhodovací tabulky pro detailní hodnocení konceptů vybrat optimální variantu. Tuto variantu je nutné rozpracovat do většího detailu. Za pomoci výpočtu či praktické zkoušky zjistit sílu na zalisování plechu a tuto sílu ověřit simulační metodou. Na základě zjištěné síly následně zvolit správně dimenzované pneumatické válce a navrhnout konstrukci stroje v 3D programu včetně pracoviště pro operátora. Samozřejmostí je vytvoření výkresové dokumentace stroje. Za pomoci metody P-FMEA zkontrolovat proces výroby a identifikovat případné neshody.

V závěru práce je úkolem sumarizovat a popsat přínos nového lisovacího zařízení na zlepšení kvality lisování plechu, zefektivnění procesu výroby, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času. Porovnat nový stroj se stávajícím a ekonomicky zhodnotit návratnost investice.

1.2. Předpoklady a omezení:

Předpokládaná roční produkce je 2 000 000ks, nutnost přesunutí výroby z montážní linky karusel na montážní linku MLGB STEIN II. Investice do nového lisovacího zařízení by neměla přesáhnout 20T€ (cca 500 000kč). Jedná se o výrobu, kdy je vstřikovací stroj propojený pásovým dopravníkem s výrobní linkou. Manipulátor vyjímá v taktu 30s plastové výztuhy z 8-mi násobné formy a odkládá je na pás, který je rychlostí 1m/s dopravuje k výrobní lince, kde dochází ke konečné montáži, kontrole a balení. Omezením při návrhu stroje je nutnost zachování plynulé výroby => k lisování plechů musí tedy dojít mezi vyjmutím dílů z formy a konečnou montáží na výrobní lince. Je nutné počítat s možností, že vstřikovací stroj nebude v provozu a výztuhy bude muset odebírat obsluha do přepravek. Stroj na lisování plechů nesmí zdržovat výrobní linku vyrábějící v taktu 5s/ks. Funkčnost zařízení musí být zajištěna při nepřetržitém provozu (21směn/týden). Dalším omezením je poměrně malý prostor pro vytvoření pracoviště a výška, ve které bude pracoviště pro operátora zřízeno.

1.3. Současný stav:

V současné době se vyrábí plechové varianty dveřní výztuhy na lince Karusel MLGB. Jedná se o stroj vyrobený v roce 2005 firmou InCentrum. V roce 2005 byly požadavky zákazníků daleko nižší, proto tento stroj nedisponuje vysokou výrobní kapacitou. Je tvořen

otočným stolem, zakládáními, lisovacím válcem, mazáním, zkušebními přípravky a značením. K dispozici jsou další dvě vysokokapacitní montážní linky, na kterých ale nelze vyrábět varianty s plechem.

Výrobní linka **KARUSEL MLGB** s integrovaným lisováním plechů je již za prahem životnosti a po generální opravě bude k dispozici pouze v omezené kapacitě 10 směn/týden.

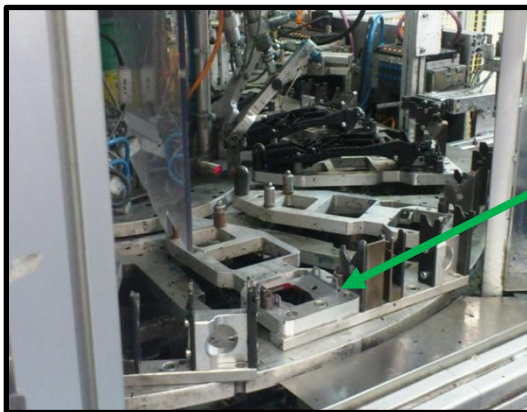
Tato linka má výrobní kapacitu při bezproblémovém provozu 3000 ks/směnu. Nyní je však ve stavu, kdy této hodnoty není schopna dosáhnout a prostoje a opravy se objevují každý den.

Vzhledem ke každoročnímu navyšování výroby je nutné tento problém řešit, vytvořit další pracoviště pro lisování plechů a tuto linku nechat jen pro dovytížení kapacity.



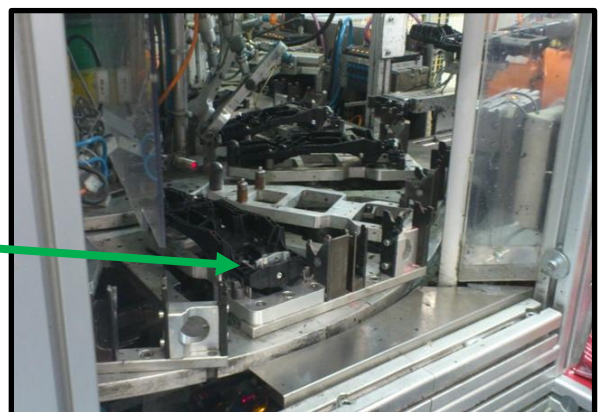
Obr. 1.2: Montážní linka Karusel MLGB

Postup montáže:



- 1) Do zakládání otočného stolu založí obsluha polohovatelně bezpečnostní plech

- 2) Na bezp. plech založí operátor polohovatelně dvevní výztuhu



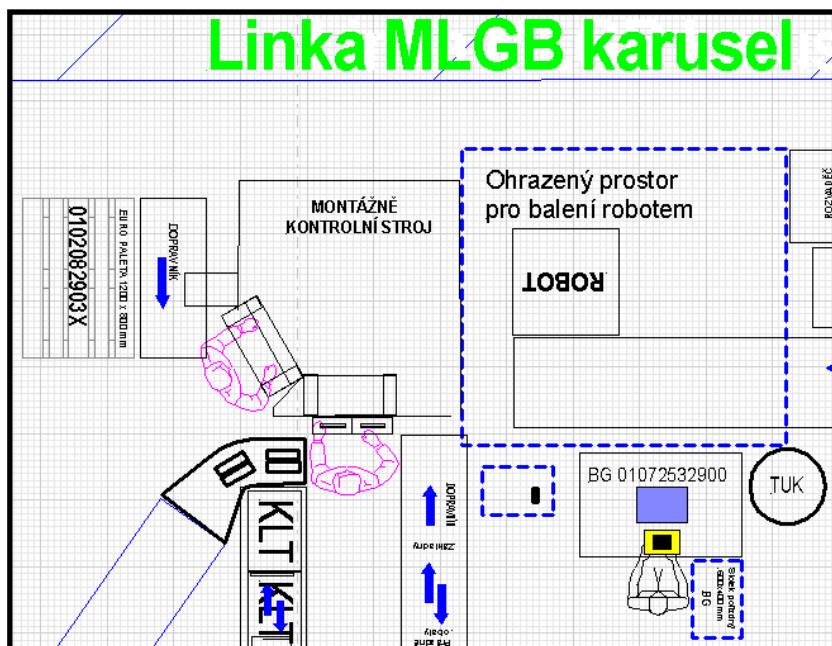
- 3) Po montáži jednotlivých dílů sestavy (plech, dvevní výztuha, závaží, pružina závaží, závaží a spona) se zakládání otočného stolu dostane do polohy lisování plechů, kde pneumatický válec dolisuje výztuhu do plechu

Obr. 1.3: Postup montáže na lince Karusel MLGB

Obr. 1.4: Layout montážní linky Karusel MLGB

Informace k lince

- 2 operátoři na lince
- 1 operátor předmontáží šroubů do spony
- kapacita 3000ks/směna
- nepřetržitý provoz
- kapacitní problémy
- reklamace (problémy s kvalitou lisování plechů)
- požadavek zákazníka 45000-55000ks/týden



Současné náhradní řešení

Jak jsem již uvedl, tato montážní linka je již díky svému stáří a vyčerpání poruchová a poměrně často nezvládá plnit požadavky zákazníka. Pro tyto případy musí být v každé firmě a výrobě nějaké náhradní řešení. Při výrobě tohoto produktu je to možnost vytvářet podskupiny (výztuha + plech) na odlehlém pracovišti. Toto pracoviště je vybaveno jednoduchým ručním lisem. Obsluha založí výztuhu do zakládání, na ní přiloží plech a pomocí páky plech dolisuje na výztuhu. Jedná se o dočasné, kvalitativně slabé, nízkokapacitní řešení. Tyto pod sestavy se poté převezou k montážní lince **MLGB STEIN I.** – vysokokapacitní linka neobsahující lisování plechů. Zde operátoři domontují další díly a sestava se zkompletuje.



Obr. 1.5: Postup výroby podsestavy výztuhy a plechu na jednoduchém ručním lisu

1.4. Dílčí cíle pro inovované výrobní zařízení

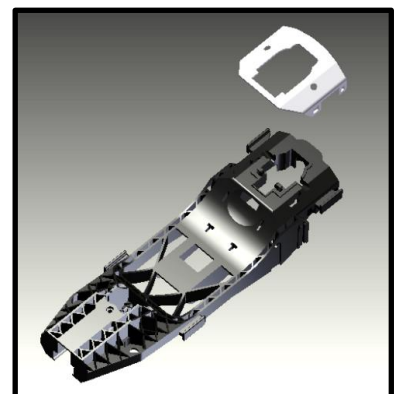
V rámci optimalizace a tvorby nového výrobního zařízení je cílem odstranit tyto problémy a nedostatky stávajících strojů:

Výroba: **karusel MLGB**

- Zlepšit kvalitu lisování plechů => zamezit opakovaným reklamacím
- Zvýšit max kapacitu výroby pro výztuhy s plechem =>
Dnes :
18směn/týden, norma 3000ks/směnu, dostupnost linky 91% (opravy, prostoje 9%)
Výpočet: $18 \cdot 3000 \cdot 0,91 = 49140 \text{ks/týden}$ => **cíl 40% navýšení kapacity**
- Zlevnit výrobu => rychlejší výroba = nižší náklady na operátory
Dnes :
392min/1000ks, tarif operátora 7,9€/hod
Výpočet $392/60 \cdot 7,9 = 51,62 \text{€/1000ks}$ => **cíl 15% snížení**
- Přetížení staré montážní linky Karusel MLGB => přesunout výrobu na linku MLGB STEIN II a na stávající lince max 10% výztuh s plechem

Výroba: **pracoviště s ručním lisem – (současné náhradní řešení)**

- Při lisování dochází ke vzniku otřepů, poškrábání, v krajním případě k ulomení klipu na plastové výztuze
- Dochází k nedolisování plechu do koncové polohy
- Lisování je pomalé (9s/ks) => vysoké mzdové náklady
- Lisování je pomalé (9s/ks) => nestihnuté vývozy, náklady za taxi
- Ergonomicky nevhodné pro obsluhu
- Zakládání není tvarově přesné, díl není usazen ve stabilní poloze
- Je nutné vyvinout velkou sílu na páku ručního lisu při lisování => zdravotní potíže, nemocnost, pokles výkonu během směny
- Vytváření podskupiny => výztuhy je nutné odebírat u vsříkolisu, balit do beden, převážet na samostatné pracoviště, lisovat plechy a následně převážet k výrobní lince MLGB STEIN I. => zdlouhavý tok materialu
- Vytváření rozpracované výroby ,velmi častá manipulace s obaly
- Obtížné pro plánování obsluh
- Pracoviště zabírá prostor, který je možné využít pro jiný projekt



Obr. 1.6: 3D model dveřní výztuhy a bezp. plechu

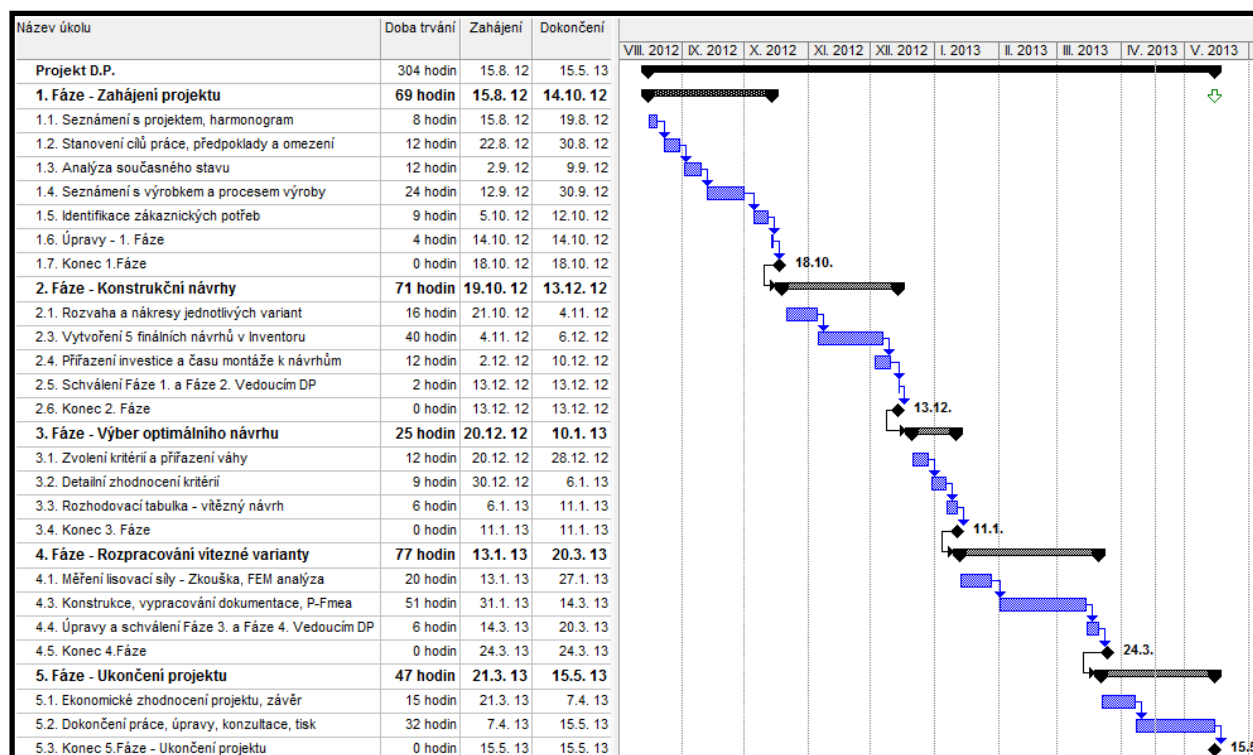
1.5. Harmonogram projektu

Na trhu můžeme nalézt více softwarových produktů pomáhajících s řízením projektů. Pro vytvoření harmonogramu tohoto projektu bylo využito programu od firmy Microsoft. Jedná se o program Microsoft Office Project, který je v současné době nejrozšířenějším softwarem pro řízení projektů.

Tato aplikace nabízí pomoc v oblastech plánování projektu, sledování plnění plánu projektu, provádění analýz a přeplánování projektu, porovnání dvou verzí projektu, vytvoření fondu zdrojů pro vedení více projektů najednou, vytvoření šablon pro plánování podobných projektů, tisku a prezentace projektového plánu a další. Hlavními částmi prostředí programu MS Project je tabulka zadávání úkolů a Ganttův diagram, ve kterém jsou graficky znázorněné časové náročnosti jednotlivých úkolů. Nad Ganttovým diagramem se nachází časová osa. [8]

Struktura harmonogramu z velké části odpovídá kapitolám diplomové práce. Činnosti v harmonogramu jsou rozdělené do 5 hlavních kapitol. Start diplomové práce se datuje k **15. 8. 2012** a poslední úpravy byly dokončeny **15. 5. 2013**. Celkový objem práce za těchto 9 měsíců je 304 hodin, což odpovídá průměrně 8h práce/týden. Plán byl samozřejmě v průběhu vypracování diplomové práce mnohokrát upravován a přepracováván. Níže je možné vidět jeho finální verzi.

■ Harmonogram diplomové práce – MS Project



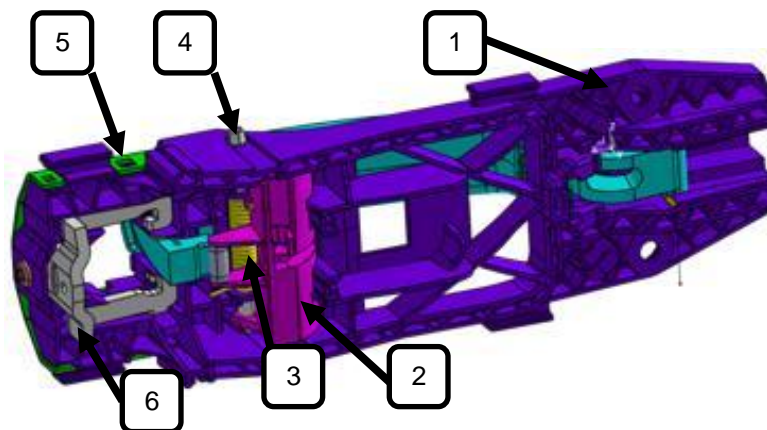
Obr. 1.7: Harmonogram projektu – MS Project

1.6. Seznámení s dveřní výztuhou MLGB

V předmětu inovace jsem již krátce shrnul, k čemu slouží dveřní výztuha v automobilu. Dveřní výztuha je jeden z dílů, který nám zajišťuje otevírání a zavírání dveří. Konkrétně tato výztuha se dodává do VW koncernu a je tedy použita v různých typech automobilů značky VW, SEAT, AUDI a ŠKODA.

Obr. 1.8: Sada 4 kompletních výztuh a klik pro automobil VW Golf 6

Do každého 4dveřového automobilu se dodávají 3 plastové výztuhy + 1 výztuha s bezpečnostním plechem. Výztuha s tímto plechem je vždy u řidiče, chrání vložku klíče a tím zajišťuje vyšší odolnost vůči vykradení. Do 2-dveřového automobilu se dodává po jedné výztuze od každého typu.



Obr. 1.9: Kusovník dveřní výztuhy MLGB

- 1- Dveřní výztuha
- 2- Páka (závaží)
- 3- Pružina páky
- 4- Osička páky
- 5- Bezpečnostní plech
- 6- Spona

Zástavba - U zákazníka se výztuha montuje do vnitřního prostoru dveří. Zahákne se pomocí klipů do otvoru pro kliku a zajistí 2x šroubem. Po upevnění výztuhy se pokračuje s montáží kliky. Kliky musí být umístěna přesně tak, aby zachytný hák mohl hýbat s pákou. Dále se pokračuje vložení cylindru a jeho fixací pomocí šroubu na sponě. Poté se namontuje do výztuhy bowden.



Obr. 1.10: Kompletní systém dveřní výztuhy

Funkce – základní funkcí výztuhy je otevření dveří vozidla – odemčení zámku dveří, kdy lineární zdvih kliky se mění na radiální pohyb závaží, na kterém je umístěn bowden, který ovládá zámek dveří.

Systém je dále vybaven tzv. **Massenspare** – jehož funkce spočívá v tom, že v případě havárie, zabrání pohybu páky (závaží - přenosu energie nárazem) a tím zamezí nežádoucímu otevření dveří

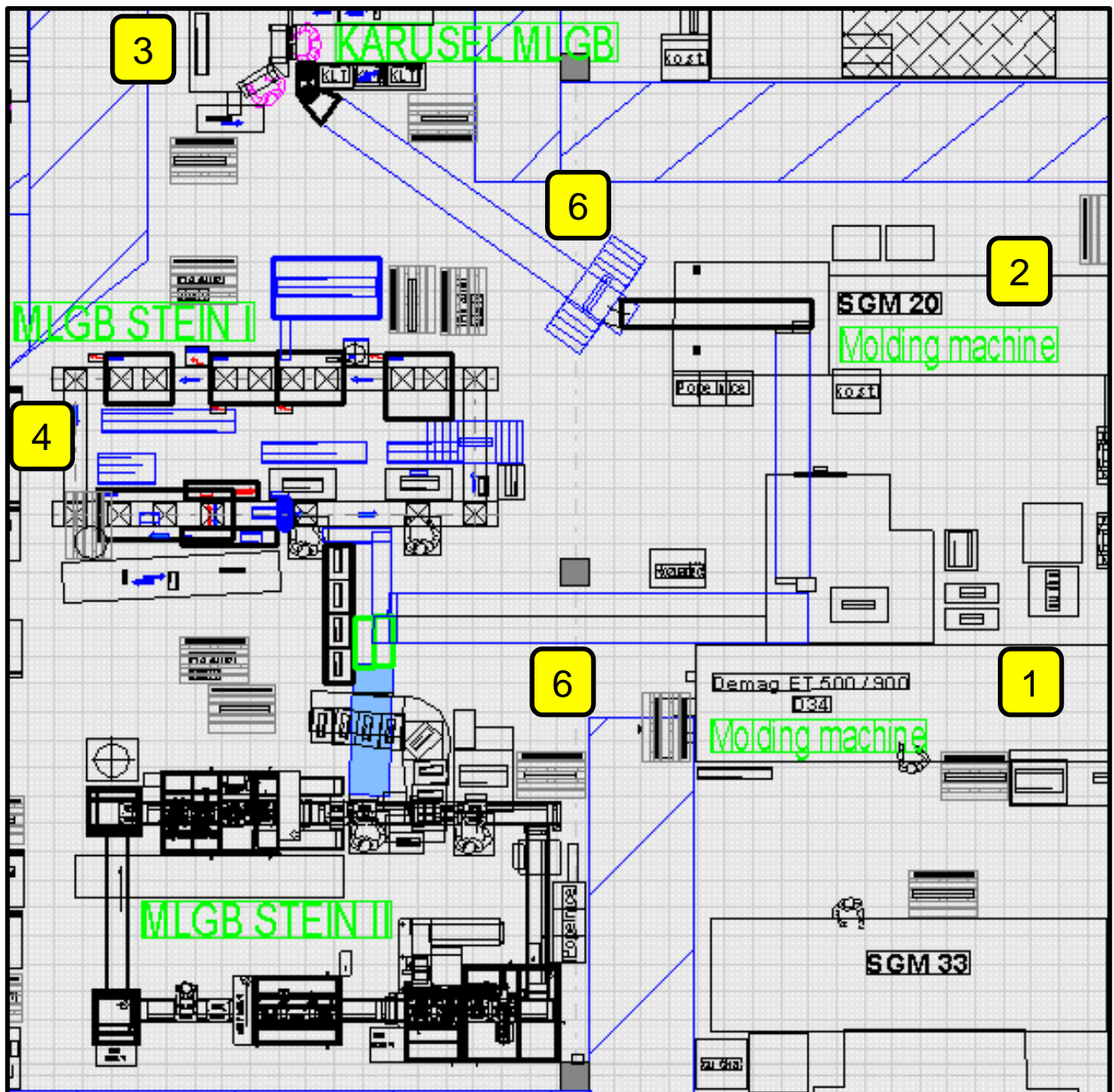


Obr. 1.11: Příklad použití systému – VW GOLF 6

1.7. Současný layout výrobních linek

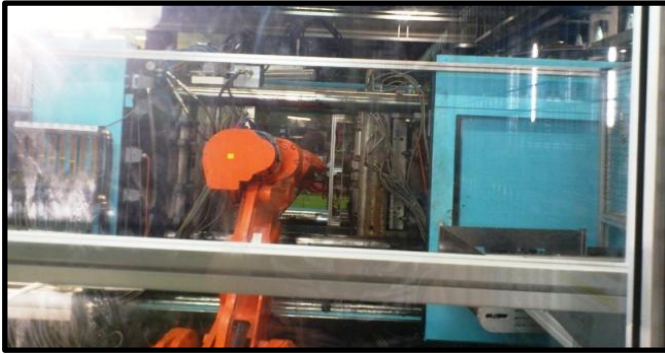
Dveřní výztuha, na kterou se zaměřuji ve své práci, je vlnkovou lodí firmy WITTE Automotive. Roční počet vyrobených kusů přesahuje 8 milionovou hranici. Pro výrobu používáme systém 2 vstřikovacích strojů propojených pásovými dopravníky se 3 montážními linkami. Propojením vstřikovacího stroje s montážní linkou šetříme obsluhu, které by musela u vstřikovacího stroje odebírat materiál a logistické náklady na manipulaci s díly. Výroba probíhá v nepřetržitém režimu. (21 směn/týden; směna=8h)

- 1) Vstřikovací stroj Demag 500T: 8-násobná forma, takt 30s = kapacita 7200ks/směna
- 2) Vstřikovací stroj SGM 250T: 4-násobná forma, takt 30s = kapacita 3600ks/směna
- 3) Karusel MLGB : plastová verze, plechová verze, speciální verze – kapacita 3000ks/směna
- 4) MLGB STEIN I : plast. verze, plechová verze (plechy musí být předlisovány) – 4500ks/směna
- 5) MLGB STEIN II : plast. verze, speciální verze – 4500ks/směna
- 6) Propojovací pásové dopravníky mezi vstřikovacími stroji a montážními linkami



Obr. 1.12: Současný layout systému výrobních linek a vstřikovacích strojů

1.8. Seznámení s výrobním procesem



1) Robot v taktu 30s vyjímá z formy 8 výztuh.



2) Rameno robotu nasměruje otisky jeden po druhém na kameru (kontrola)

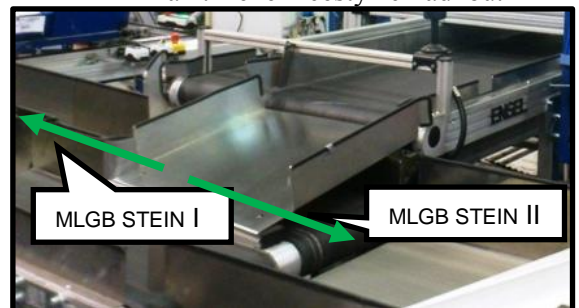


3) Po zkontrolování dílů kamerou robot odloží výztuhy na pás a čeká na další cyklus vstřikovacího



4) Výztuhy rychlostí 1m/s putují k montážním linkám. Během cesty zchladnou.

- 5) Na tomto „T“ rozhraní putují díly k lince MLGB STEIN I. V okamžiku, kdy obsluhy na lince nestíhají, čidla indikují zaplnění pásu díly. Pás začne reverzovat a díly putují k lince MLGB STEIN II.



Montáž na lince STEIN :

AP10 - Stanice montáže

1 obsluha – zakládá 2x výztuhu + osičku na vozík dopravníkového systému STEIN a vyjímá zkontrolované sestavy, které přijedou na vozících z KS.

AP20 - Stanice montáže

2 obsluha – zakládá 2x závaží, 2x pružinu + osičku na vozík dopravníkového systému STEIN

AP30 - stanice lisování osičky

osička páky je automaticky nalisována do výztuhy

AP40 - stanice automatického vkládání spony

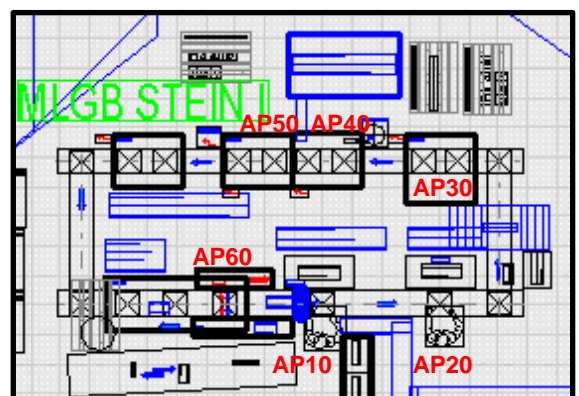
robot z vibrační lišty odebírá sponu a vkládá do výztuhy

AP50 - stanice šroubování šroubu do spony
šroub je tlakem umístěn z vibrační nádoby do výztuhy a předšroubován na zákazníkem předepsaný moment

AP60 - stanice kontroly a značení produktu

kontrola funkce páky a dalších prvků + značení

Obr. 1.13: Podpis procesu výroby



Obr. 1.14: Layout montážní linky MLGB STEIN I.

1.9. Identifikace zákaznických potřeb

Cílem metod pro identifikaci zákaznických potřeb je snaha vytvořit kvalitní informační kanál mezi zákazníkem a pracovníky podílejícími se na inovaci výrobku. Předpokladem úspěchu je to, že management a členové inovačního týmu, kteří bezprostředně ovlivňují charakteristiky výrobku, musí být v přímém kontaktu se zákazníky a mít zkušenosti s chováním a používáním výrobku. Bez této přímé zkušenosti nemohou být technická řešení a zákonité kompromisy udělány dobře, a tím pádem nebudou objevena skutečně inovační řešení [7]. Cílem metod zaměřených na identifikaci zákaznických potřeb je proto zejména:

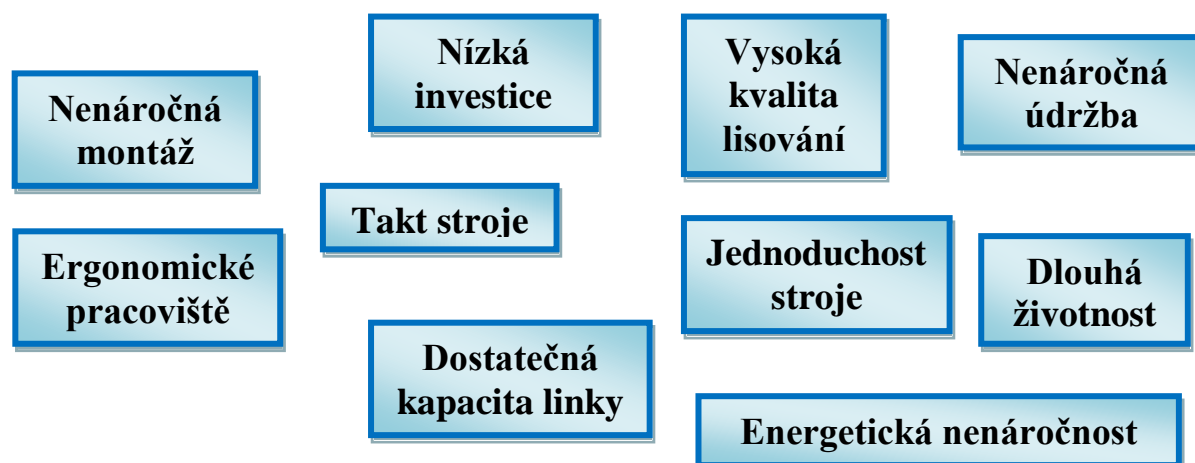
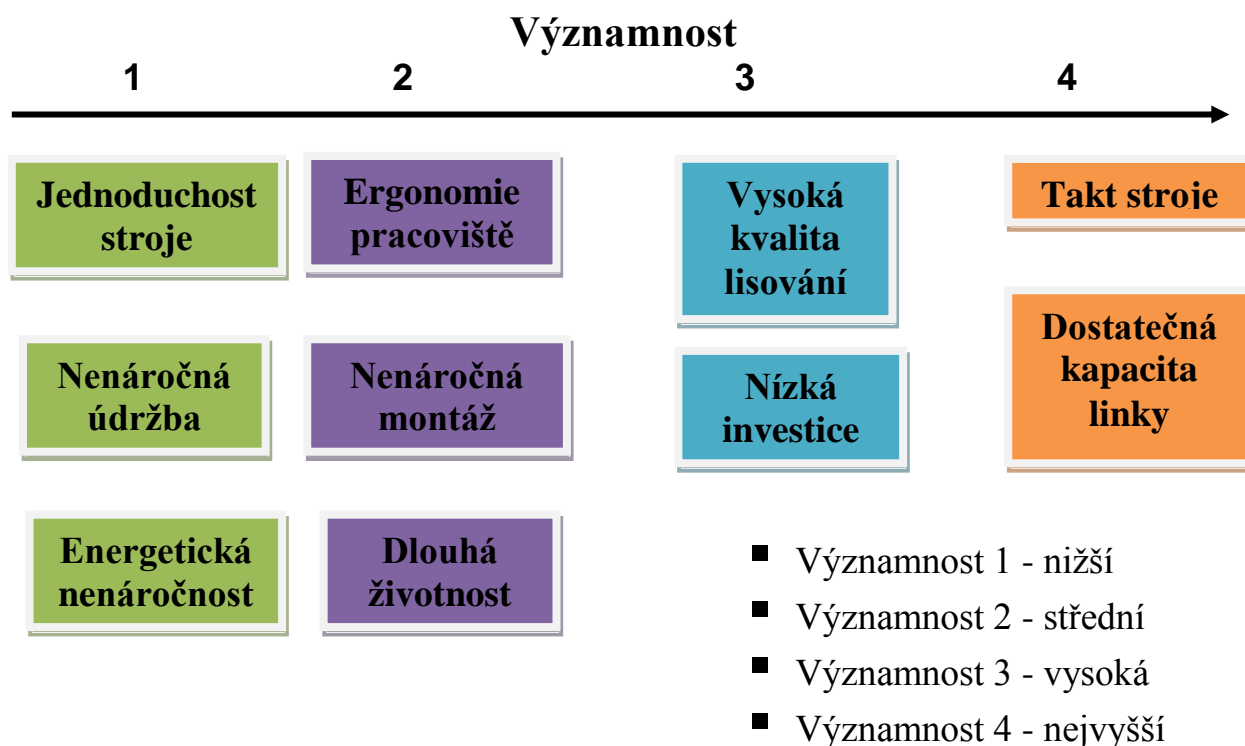
- **identifikovat skryté a zřejmé potřeby zákazníka**
- **zaznamenat informace o zákaznických potřebách**
- **zajistit, že nebude opomenuta žádná zásadní potřeba**
- **umožnit ověření vazby mezi potřebami a charakteristikami výrobku**

V tomto případě se jedná o konstrukci stroje, který je určený pro průmyslové využití. Jelikož se jedná o poměrně specifický stroj na zalisování bezpečnostního plechu do dveřní výztuhy, tak nemělo smysl oslovovat široký okruh lidí pomocí dotazníků nebo interview. Důležité požadavky a vlastnosti vyplývají ze zadání projektu a účelu použití. Samozřejmě důležitost jednotlivých potřeb se podstatně liší.

V zadání projektu na optimalizaci procesu lisování plechu dveřní výztuhy, neboli vytvoření nového lisovacího stroje, bylo několik hlavních cílů. Pro zopakování, mezi nejdůležitější cíle projektu je dosažení :

- a) **Vyšší výrobní kapacity pro plechovou variantu**
- b) **Úspora montážního času (menší mzdové náklady)**
- c) **Zvýšení kvality lisování plechu**
- d) **Ergonomické prostředí pro operátory**
- e) **Jednoduché a rychlé údržby**
- f) **Vysoké životnosti a nízké energetické náročnosti**
- g) **Co nejnižších nákladů na zařízení**

Na základě své dvouleté praxe v oboru průmyslové inženýrství ve firmě WITTE Automotive, seznámení s hlavními problémy v současném procesu výroby a diskuzi s konzultantem mé diplomové práce, senior kvalitářem a senior konstruktérem, jsem vypracoval afinní diagram zákaznických potřeb, kde jsou jednotlivé, interpretované potřeby rozdělené do skupin dle jejich významnosti.

Potřeby zákazníka:**Afinní diagram:**

2. WITTE Automotive [1]

Historie firmy WITTE sahá až do roku 1899, kdy byla firma v německém Velbertu založena. Tehdy firma ještě nebyla specializována výhradně na výrobu zamykacích systému pro automobilový průmysl, jak je tomu dnes, přesněji vyráběla zámky pro kufry. Zlom ve výrobní orientaci firmy nastal po 2. Světové válce, kdy nastal boom s automobilovým trhem.

Založení WITTE Nejdek v České republice v roce 1992 zajistilo konkurenceschopnost firmy na mezinárodním trhu. Dnes vyvíjíme a vyrábíme ve spolupráci se všemi slavnými automobilkami zamykací systémy pro přední a zadní kapoty, zamykací systémy dveří a bezpečnostní systémy sedadel.

WITTE Automotive v Nejdku

Disponuje rozsáhlou kompetencí v sériové montáži. Spektrum služeb a činností pak doplňuje také vlastní vývojové centrum, nástrojárna, vzorkovna, výroba strojních zařízení a zpracování plastů.

Výrobky skupiny WITTE

Jak již bylo zmíněno, firma se zaměřuje výhradně na zamykací systémy používající se v automobilovém průmyslu. Dnes se s výrobky firmy WITTE Automotive setkáte skoro ve všech vozidlech významných výrobců automobilů na celém světě.

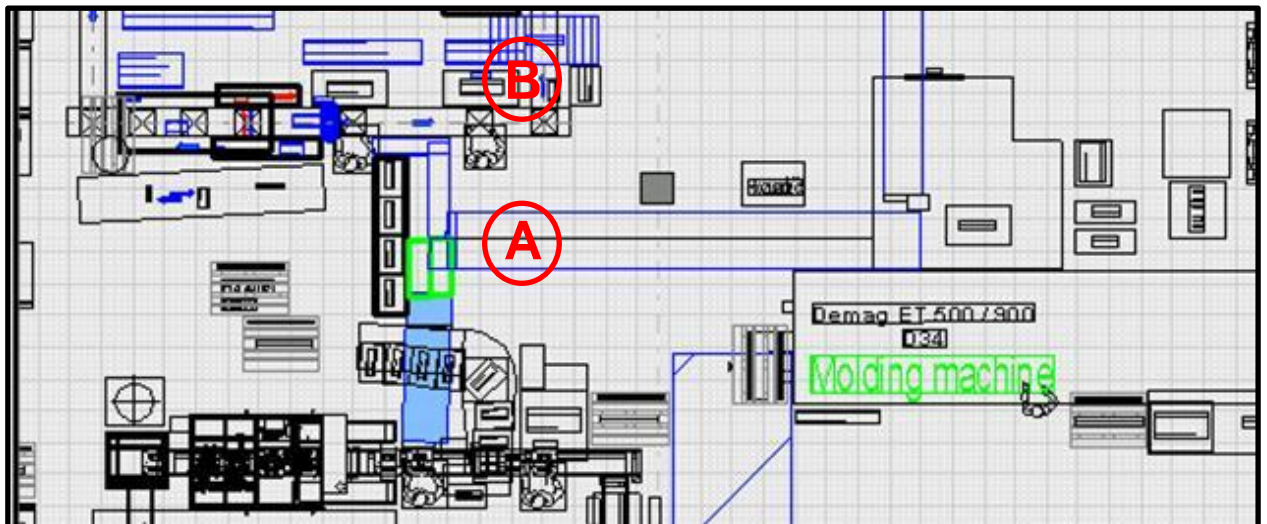
Portfolio výrobků WITTE je rozděleno na:

<u>Kapotové systémy</u>	<u>Dveřní systémy</u>	<u>Sedadlové systémy</u>
<ul style="list-style-type: none"> • moduly zadních dveří • bezpečnostní kapoty motoru • zámky • uzavírací servomechanismus • bezpečnostní zachycovací hák • zamykací čepy • multifunkční lišty • ovládání • panty • pohony pantů • zámky skel • poháněné zavírání • uzávěr ke sklápěcím střechám 	<ul style="list-style-type: none"> • dveřní moduly • vnější kliky dveří • výztuhy dveří • vnitřní ovládání • Klíče-/klíčové garnitury • Keyless / Passive Entry (otevírání dveří) • Passive Go • zámky • poháněné zavírání • zamykací čepy • brzdy • panty 	<ul style="list-style-type: none"> • aktivní bezpečnostní systémy opěradel • sedačkové zámky • zámky opěradel s multipozičním nastavením • ukotvení sedadel • uzamykatelné blokovací mechanismy • ovládání (s indikátory) • zamykací čepy
<p>Obr. 2.1: Ukázka produktů Witte automotive</p> <div>    </div>		

3. Návrhy pro optimalizaci zařízení

Jak již bylo napsáno v úvodu práce v předpokladech a omezeních - při návrhu stroje je nutné dbát na zachování plynulé výroby => k lisování plechů musí tedy dojít mezi vyjmutím dílů z formy vstřikovacího stroje a konečnou montáží na výrobní lince. Toto zadání splňují následující řešení:

- A)** umístit stroj na lisování plechů na výztuhu přímo nad dopravník od vstřikovacího stroje vytvořit online propojení (vstřikovací stroj – lisování plechů – MLGB STEIN I.)
- B)** doplnit stanici lisování plechů přímo do montážní linky MLGB STEIN I



Obr. 3.1: Schéma propojení technologií => možnost umístění lisovacího přípravku A, B

3.1. Koncept č. 1

Ruční lis na dvě výztuhy

Umístění: nad dopravníkem mezi vstřikovacím strojem a montážní linkou

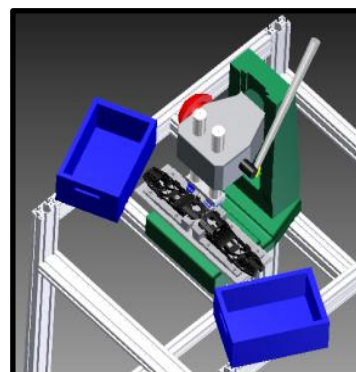
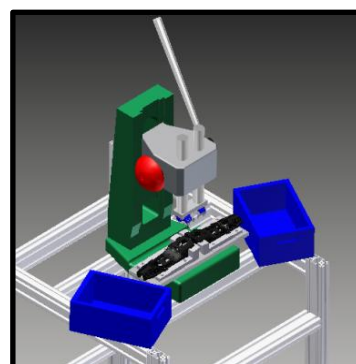
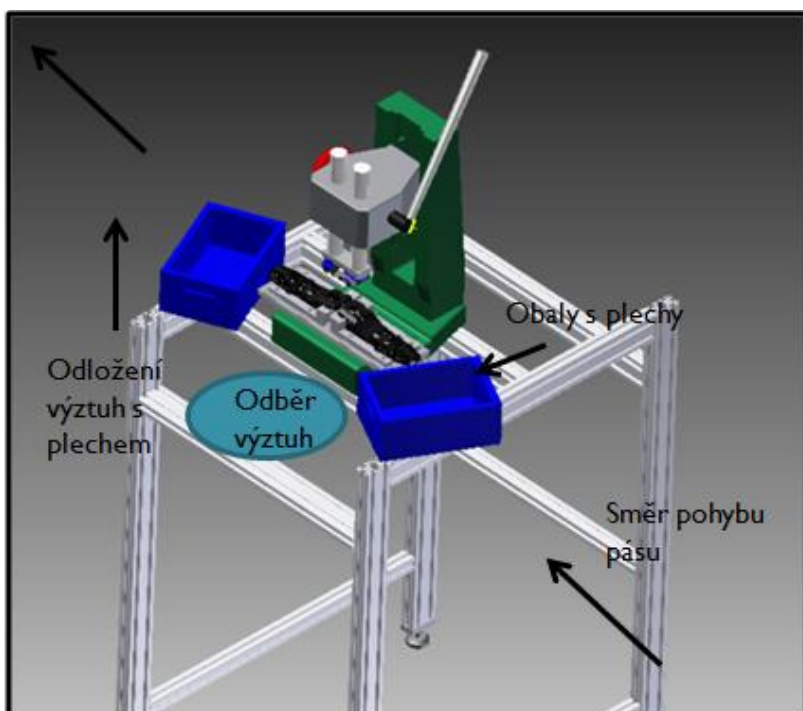
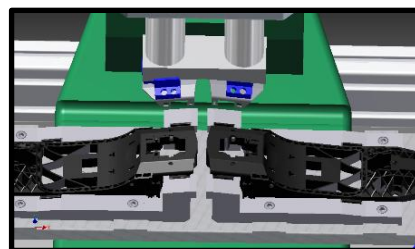
Montáž: operátor odebere dvě výztuhy z pásového dopravníku od vstřikovacího stroje => založí do zakládání jednoduchého ručního lisu => z obalů umístěných po obou stranách odebere dva plechy a napolohuje na kostku umístěnou na beranu lisu (drží na magnetu) => pákou ručního lisu zalisuje => výztuhy odloží na skluz vedoucí zpět na pásový dopravník od lisu => díly po pásovém dopravníku dojedou až k obsluze montážní linky.

Klady konceptu:

- Zakládání pro dvě výztuhy (současné náhradní řešení jen po 1 výztuze)
- Kvalitnější a rychlejší než náhradní řešení
- Nejlevnější varianta, online výroba

Zápory konceptu:

- Horší ergonomie
- Fyzicky náročnější pro operátora
- Pomalé (6s/ks) => montážní linka (5s/ks)
- Pracoviště příliš vysoko, nutná plošina



Obr. 3.2: 3D model – Koncept 1



Hrubý cenový odhad technologie - Koncept 1 (odchylka +- 30%)				
Popis	Poznámky	Hodiny	Tarif €	Materiál €
Konstrukce elektro hodiny		0	20	0,00
Konstrukce elektro materiál		x	x	0,00
Konstrukce stroje hodiny	návrh stroje, dokumentace, obj. materiálu	15	20	300,00
Konstrukce stroje materiál	ruční lis, Item	x	x	2 000,00
Nástrojárna hodiny	výroba dílů	15	16	240,00
Nástrojárna materiál	zakládání (výztuhy + plech)	x	x	200,00
Montáž hodiny	montáž, seřízení, vyzkoušení	15	12	180,00
Montáž materiál	montážní materiál(šrouby atd.)	x	x	150,00
Montáž elektro hodiny		0	14	0,00
Montáž elektro materiál		x	x	0,00
Hodiny celkem €		720		
Materiál celkem €		2350		
Suma €		3070		

Tab. 3.1: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 1

Kritéria pro rozhodovací tabulku - Koncept 1 (1 nejhorší - 5 nejlepší)			
Kritérium	hodnocení	Kritérium	hodnocení
Takt stroje	1	Životnost	4
Kvalita lisování	2	Energetická náročnost	5
Investice	5	Náročnost údržby	3
Ergonomie pracoviště	2	Složitost stroje	4
Náročnost montáže	2	Kapacita linky ks/směna	2

Tab. 3.2: Odhad času montáže – Koncept 1

Odhad času montáže - Koncept 1				Graf taktů lisovacího přípravku montážní linka
P.č.	Popis	TMU	sec	
1	založit z pásu 2 výztuhy do zakládání	80	2,88	
2	založit 2 plechy na beran lisu (magnet)	110	3,96	
3	pákou ručního lisu zalisovat	60	2,16	
4	výztuhy odložit na pás	80,0	2,88	
5	doplnění plechů (PO 200ks)	2	0,07	
6	suma času	332	11,95	

Tab. 3.3: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 1

3.2. Koncept č. 2

Pneumatický lis na dvě výztuhy

Umístění: nad dopravníkem mezi vstřikovacím strojem a montážní linkou

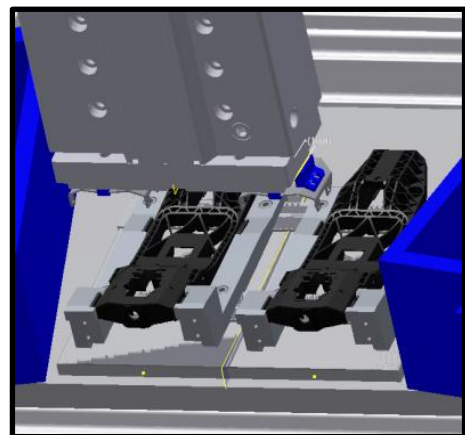
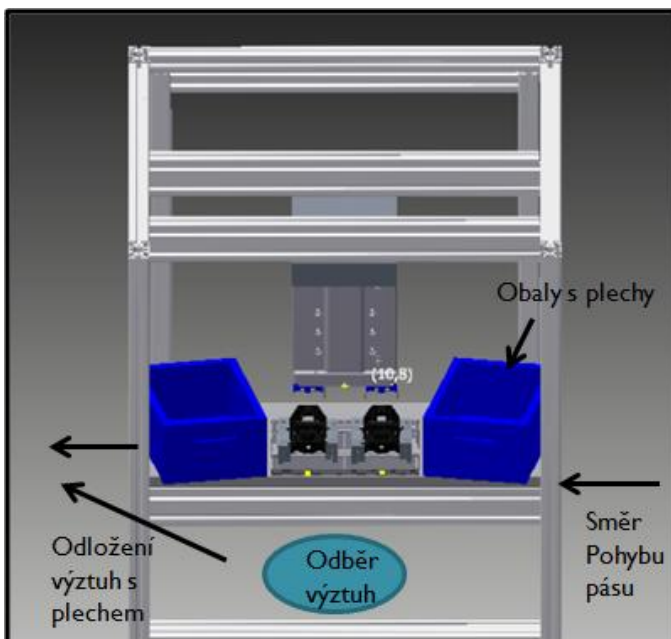
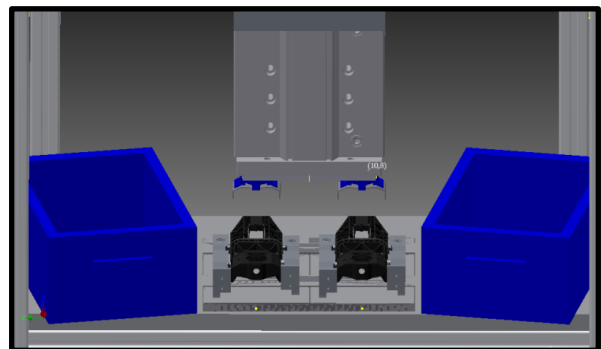
Montáž: operátor odebere dvě výztuhy z pásového dopravníku od vstřikovacího stroje => založí do zakládání pneumatického lisu => z obalů umístěných po obou stranách odebere dva plechy a napolohuje na kostku umístěnou na lisovacím válci (drží na magnetu) => stiskem obouručního tlačítka spustí lisovací cyklus => pneumatický pohon se zdvihem 150mm se vysune a nalisuje plech do výztuhy. Operátor poté výztuhy odloží na skluz vedoucí zpět na pásový dopravník od lisu => díly po pásovém dopravníku dojedou až k obsluze montážní linky.

Klady konceptu:

- Zakládání pro dvě výztuhy
- Lepší ergonomie pracoviště
- Nižší fyzická námaha, online výroba
- Rychlejší než náhradní řešení

Zápory konceptu:

- Vyšší náklady na stroj
- Náročnější na energii a údržbu
- Pomalé (6,5s/ks) => montážní linka (5s/ks)
- Pracoviště vysoko, nutná plošina



Obr. 3.3: 3D model – Koncept 2



Hrubý cenový odhad technologie - Koncept 2 (odchylka +- 30%)				
Popis	Poznámky	Hodiny	Tarif €	Materiál €
Konstrukce elektro hodiny	Program, odladění, dokumentace	30	20	600,00
Konstrukce elektro materiál	Elektromateriál (rozvaděč, elektrokomponenty)	x	x	5 000,00
Konstrukce stroje hodiny	návrh stroje, dokumentace, obj. materiálu	55	20	1 100,00
Konstrukce stroje materiál	festo, Item	x	x	1 700,00
Nástrojárna hodiny	výroba dílů	80	16	1 280,00
Nástrojárna materiál	zakládání(výztuhy + plech)	x	x	300,00
Montáž hodiny	montáž, seřízení, vyzkoušení	30	12	360,00
Montáž materiál	montážní materiál (šrouby atd.)	x	x	150,00
Montáž elektro hodiny	Elektromontáž (rozvaděč, rozvody stroje)	30	14	420,00
Montáž elektro materiál	Instalační materiál	x	x	100,00
Hodiny celkem €		3760		
Materiál celkem €		7250		
Suma €		11010		

Tab. 3.4: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 2

Odhad času montáže - Koncept 2				Graf taktů lisovací přípravek montážní linka	
P.č.	Popis	TMU	sec		
1	založit z pásu 2 výztuhy do zakládání	80	2,88		
2	založit 2 plechy na beran lisu (magnet)	110	3,96		
3	stisknout 2-ruční tlačítko+čas lisování (60TMU)	90	3,24		
4	výztuhy odložit na pás	80,0	2,88		
5	doplnění plechů (PO 200ks)	2	0,07		
6	suma času	362	13,03	Suma času na montáž 2ks : $13,03 * 3 = 39,09s$	

Tab. 3.5: Odhad času montáže – Koncept 2

Kritéria pro rozhodovací tabulku - Koncept 2 (1 nejhorší - 5 nejlepší)			
Kritérium	hodnocení	Kritérium	hodnocení
Takt stroje	1	Životnost	3
Kvalita lisování	3	Energetická náročnost	3
Investice	3	Náročnost údržby	3
Ergonomie pracoviště	3	Složitost stroje	3
Náročnost montáže	3	Kapacita linky ks/směna	1

Tab. 3.6: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 2

3.3. Koncept č. 3

Pneumatický lis pro 2 výztuhy a s propadem dílů na pás

Umístění: nad dopravníkem mezi vstřikovacím strojem a montážní linkou

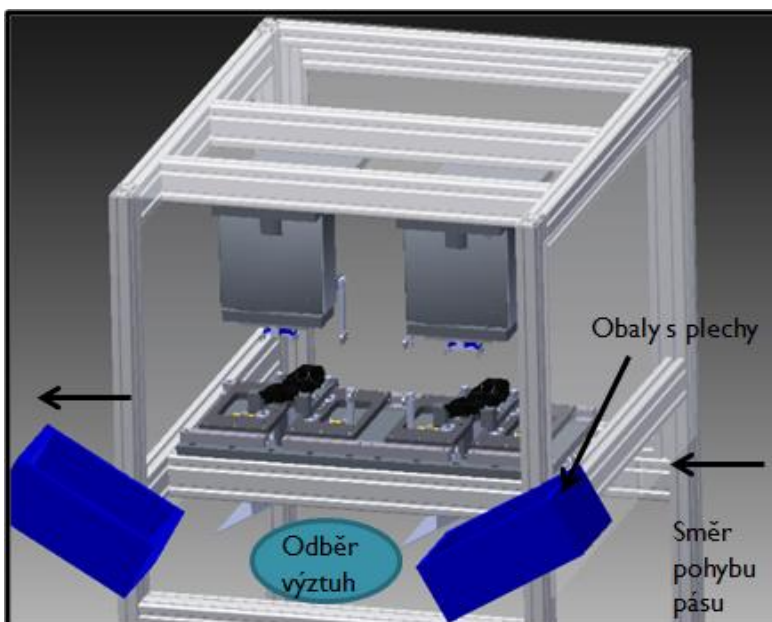
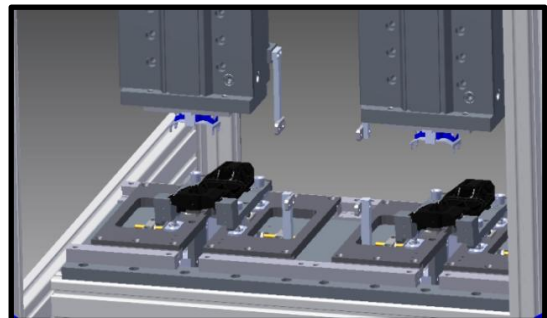
Montáž: operátor odebere dvě výztuhy z pásového dopravníku od vstřikovacího stroje => založí do odpružených zakládání pneumatického lisu => z obalů umístěných po obou stranách odebere dva plechy a napolohuje na kostku umístěnou na lisovacím válci (drží na magnetu) => stiskem obouručního tlačítka spustí lisovací cyklus => válec se vysune a nalisuje plech do výztuhy => následně díky dalším pneumatickým válcům dojde k rozjezdu částí zakládání od sebe => díly propadnou po integrovaných skluzech samovolně na pás a pokračují směrem k montážní lince.

Klady konceptu:

- Zakládání pro dvě výztuhy
- Zakládání odpružená = vyšší kvalita lisování
- Ušetřená manipulace s vyjímáním dílů, online výroba
- Rychlost stroje odpovídá taktu linky!!

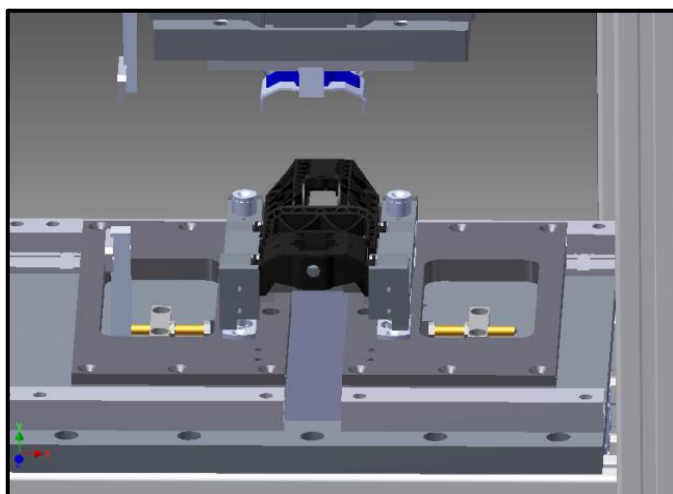
Zápory konceptu:

- Velmi vysoké náklady na stroj
- Náročnější konstrukce a seřízení
- Náročnější na energii a údržbu
- Pracoviště vysoko, nutná plošina



*Obr. 3.4:
3D model – Koncept 3*

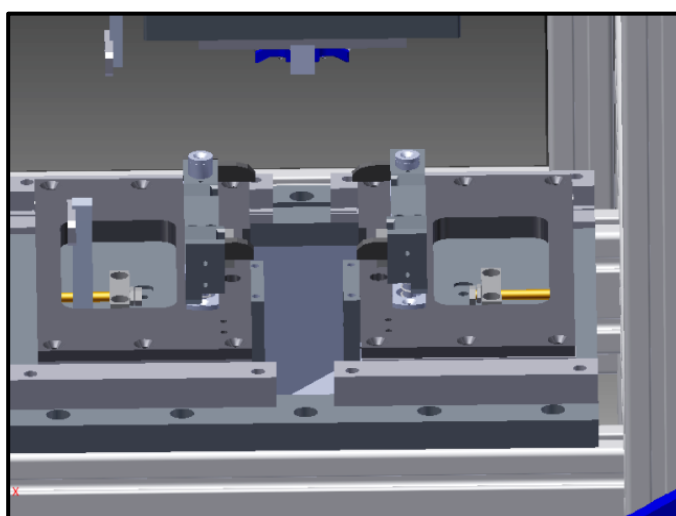
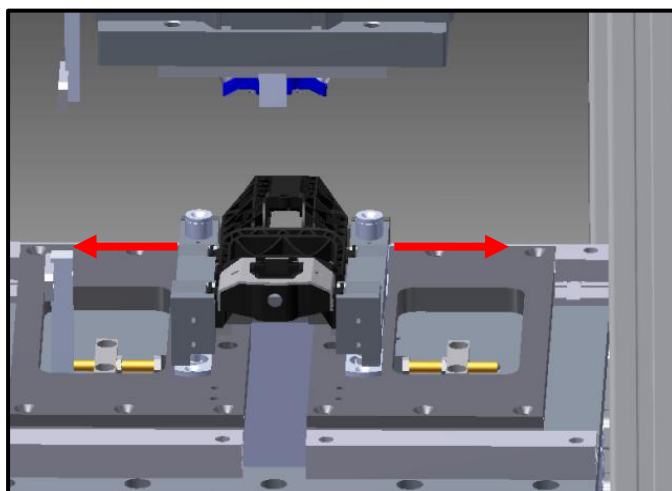
Proces – koncept 3:



1) Výztuhu založit do odpruženého zakládání => založit plech => stisk obouručního tlačítka => čidla zkontrolují přítomnost obou dílů. Jestliže nebude založen plech nebo výztuha, tak nedojde ke spuštění cyklu. Po zkontrolování přítomnosti dílů dojde k vysunutí pneumatického válce a zalisování bezpečnostního plechu do výztuhy.



2) Po lisování plechu do výztuhy dojde díky pneumatickým válcům k odjezdu obou částí zakládání od sebe.



3) Díl propadne mezerou vytvořenou odjezdem zakládání a po skluzu dopadne na pás vedoucí od vstřikovacího stroje. Dále se pohybuje rychlostí 1m/s směrem k montážní lince

Obr. 3.5: Postup montáže - Koncept 3



Hrubý cenový odhad technologie - Koncept 3 (odchylka +- 30%)				
Popis	Poznámky	Hodiny	Tarif €	Materiál €
Konstrukce elektro hodiny	Program, odladění, dokumentace	50	20	1 000,00
Konstrukce elektro materiál	Elektromateriál (rozvaděč, elektrokomponenty)	x	x	6 700,00
Konstrukce stroje hodiny	návrh stroje, dokumentace, obj. materiálu	75	20	1 500,00
Konstrukce stroje materiál	festo, Item	x	x	3 000,00
Nástrojárna hodiny	výroba dílů	150	16	2 400,00
Nástrojárna materiál	zakládání(výztuhy + plech)	x	x	450,00
Montáž hodiny	montáž, seřízení, vyzkoušení	40	12	480,00
Montáž materiál	montážní materiál (šrouby atd.)	x	x	180,00
Montáž elektro hodiny	Elektromontáž (rozvaděč, rozvody stroje)	40	14	560,00
Montáž elektro materiál	Instalační materiál	x	x	150,00
Hodiny celkem €		5940		
Materiál celkem €		10480		
Suma €		16420		

Tab. 3.7: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 3

Kritéria pro rozhodovací tabulku - Koncept 3 (1 nejhorší - 5 nejlepší)			
Kritérium	hodnocení	Kritérium	hodnocení
Takt stroje	4	Životnost	3
Kvalita lisování	4	Energetická náročnost	3
Investice	2	Náročnost údržby	2
Ergonomie pracoviště	3	Složitost stroje	2
Náročnost montáže	4	Kapacita linky ks/směna	5

Tab. 3.8: Odhad času montáže – Koncept 3

Odhad času montáže - Koncept 3				Graf taktů lisovací přípravek montážní linka
P.č.	Popis	TMU	sec	
1	založit z pásu 2 výztuhy do zakládání	80	2,88	
2	založit 2 plechy na beran lisu (magnet)	110	3,96	
3	stisknout 2-ruční tlačítko + čas lisování (50TMU)	80	2,88	
4	doplnění plechů (PO 200ks)	2	0,07	
5	suma času	272	9,79	Suma času na montáž 2ks : $10 \cdot 3 = 30s$

Tab. 3.9: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 3

3.4. Koncept č. 4

Lisování v montážní lince na montážních vozících (WT)

Umístění: montážní linka STEIN I, kde obsluhy montují díly na takzvaných WT (montážních vozících), po dokončení montáže stisknou tlačítko a WT jede na další pracoviště či automatickou montáž. Po ukončení všech operací přijíždí vozíky zpět, vyrobený kus se odloží do vývozního balení a montáž nového pokračuje.

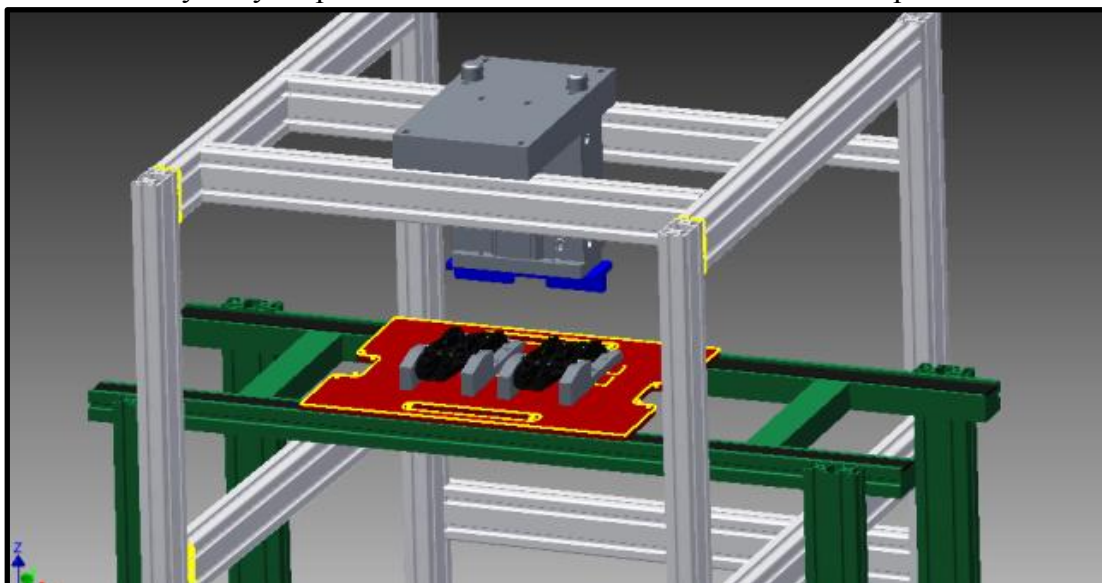
Montáž: Obsluha založí plech do tvarového zakládání na montážní vozík a na plech s mírným tlakem založí výztuhu. Dále do výztuhy založí osičku páky, páku a pružinu páky. Po stisknutí tlačítka dojde k zasunutí stoperu a vozík pokračuje po dopravníkovém systému STEIN. Dojede do nově zřízené stanice pro lisování plechů, zůstane stát na stoperu. Vysunutím pneumatického válce dojde k zatlačení výztuhy do plechu. Po ukončení operace vozík putuje do dalších stanic (lisování osy, montáž spony, kontrola funkce, značení).

Klady konceptu:

- Zakládání pro dvě výztuhy
- Na výrobu stačí dva operátoři místo tří, úspora manipulace – jen jednou беру díl
- Není nutné stavět nový stroj, ale jen doplnit stávající linku o novou stanici

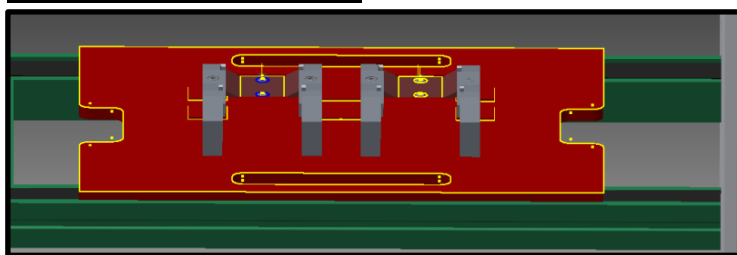
Zápory konceptu:

- Delší montážní čas – obsluha navíc zakládá plech
- Menší výrobní kapacita zařízení – při navýšení požadavku vzniká problém
- Při potížích s novou stanicí klesá výkon a dostupnost celé linky
- Lisování výztuhy do plechu => nižší kvalita než u ostatních konceptů



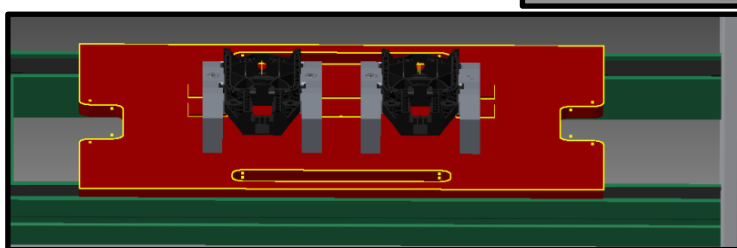
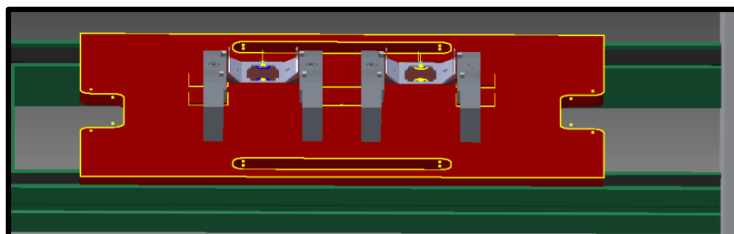
Obr. 3.6: 3D model – Koncept 4

Proces – koncept 4:



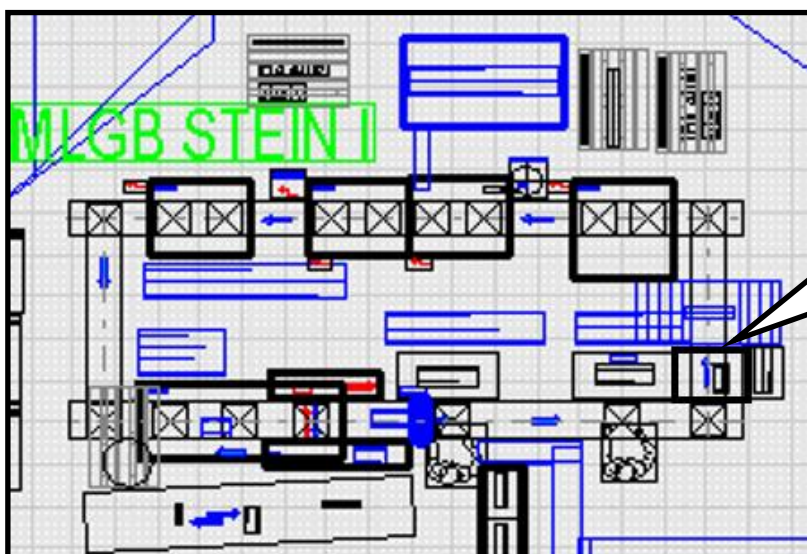
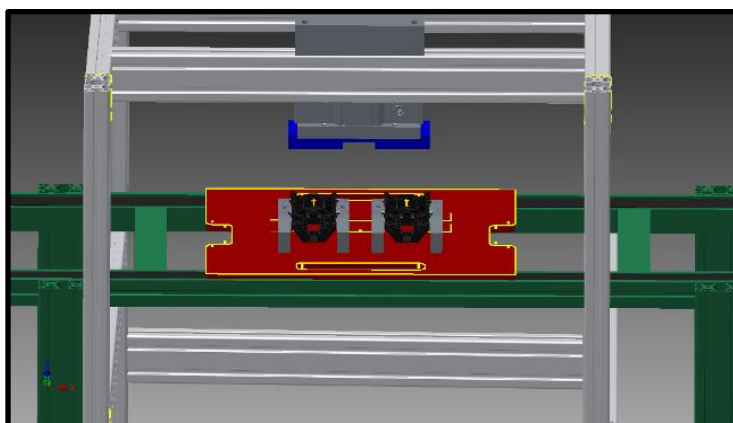
1) Prázdný vozík

2) Založit bezpečnostní plechy



3) Založit výztuhy

4) Dojezd na stanici lisování, zastavení na stoperu, zalisování výztuh do plechu, odjezd ze stanice...



Obr. 3.7:
Postup montáže - Koncept 4

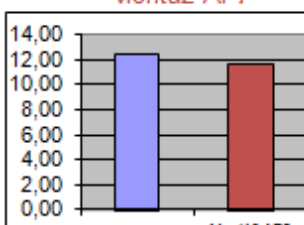
Layout montážní linky
STEIN MLGB I. po
přidání nové stanice
lisování plechů.

Obr. 3.8: Umístění nové automatické stanice – Koncept 4

Hrubý cenový odhad technologie - Koncept 4 (odchylka +/- 30%)				
Popis	Poznámky	Hodiny	Tarif €	Materiál €
Konstrukce elektro hodiny	Program, odladění, dokumentace	28	20	560,00
Konstrukce elektro materiál	Vstupy, kabeláž, konektory, 2 stopery	x	x	1 000,00
Konstrukce stroje hodiny	návrh stroje, dokumentace, obj. materiálu	60	20	1 200,00
Konstrukce stroje materiál	festo, Item	x	x	2 500,00
Nástrojárna hodiny	výroba dílů	130	16	2 080,00
Nástrojárna materiál	zakládání(výztuhy + plech)	x	x	250,00
Montáž hodiny	montáž, seřízení, vyzkoušení	65	12	780,00
Montáž materiál	montážní materiál (šrouby atd.)	x	x	250,00
Montáž elektro hodiny	Elektromontáž	25	14	350,00
Montáž elektro materiál	Instalační materiál	x	x	100,00
Hodiny celkem €		4970		
Materiál celkem €		4100		
Suma €		9070		

Tab. 3.10: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 4

Tab. 5.10: Hlavní cenový údaj - technologie = Koncept 4

Odhad času montáže - Koncept 4				Graf taktů Montáž AP1 Montáž AP2
P.č.	Popis	TMU	sec	
Montáž na AP1 - 12,4s				
1	založit 2 plechy do zakládání na vozík	110	3,96	
2	založit 2 výztuhy do zakládání na vozík	80	2,88	
3	stisknutí tlačítka	30	1,08	
4	odebírání kusů z pásu, kontrola, uložit do	90	3,24	
5	doplnění dílů, manipulace, obaly, etikety	35	1,26	Suma času na montáž 2ks : $12,4 * 2 = 24,8s$
Montáž na AP2 - 11,7s				
6	umístit pružinu do páky (2x)	120	4,32	
7	založit celek do výztuhy na vozíku	60	2,16	
8	založit 2 osičky do zakládání na vozíku	90	3,24	
9	stisknutí tlačítka	30	1,08	
10	doplnění dílů, manipulace	25	0,90	

Tab. 3.11: Odhad času montáže – Koncept 4

Kritéria pro rozhodovací tabulku - Koncept 4 (1 nejhorší - 5 nejlepší)			
Kritérium	hodnocení	Kritérium	hodnocení
Takt stroje	5	Životnost	3
Kvalita lisování	3	Energetická náročnost	3
Investice	4	Náročnost údržby	2
Ergonomie pracoviště	3	Složitost stroje	3
Náročnost montáže	3	Kapacita linky ks/směna	2

Tab. 3.12: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 4

3.5. Koncept č. 5

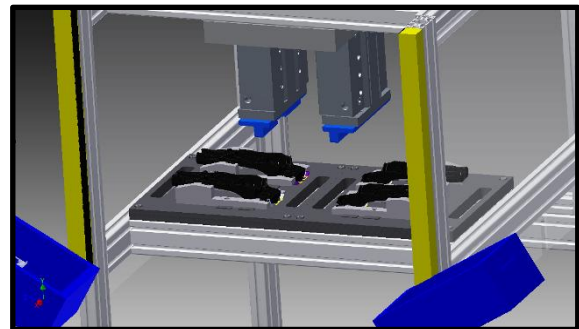
Pneumatický lis pro 4 výztuhy vybavený světelnou branou

Umístění: nad dopravníkem mezi vstřikovacím strojem a montážní linkou

Montáž: operátor odebere dvě výztuhy z pásového dopravníku od vstř. stroje => založí do odpružených zakládání pneumatického lisu, poté stejným způsobem založí další dvě výztuhy => z obalů umístěných po obou stranách odebere dva plechy a napolohuje na kostku umístěnou na lisovacím válci (drží na magnetu), poté stejným způsobem založí další dva plechy => vyjmutím rukou ze stroje a šlápnutím na nožní spínač dojde ke spuštění stroje => válec se zdvihem 125mm se vysune a nalisuje 4x plech do výztuh => Operátor poté výztuhy odloží na skluz vedoucí zpět na pásový dopravník od lisu => díly po pásovém dopravníku dojedou až k obsluze montážní linky.

Klady konceptu:

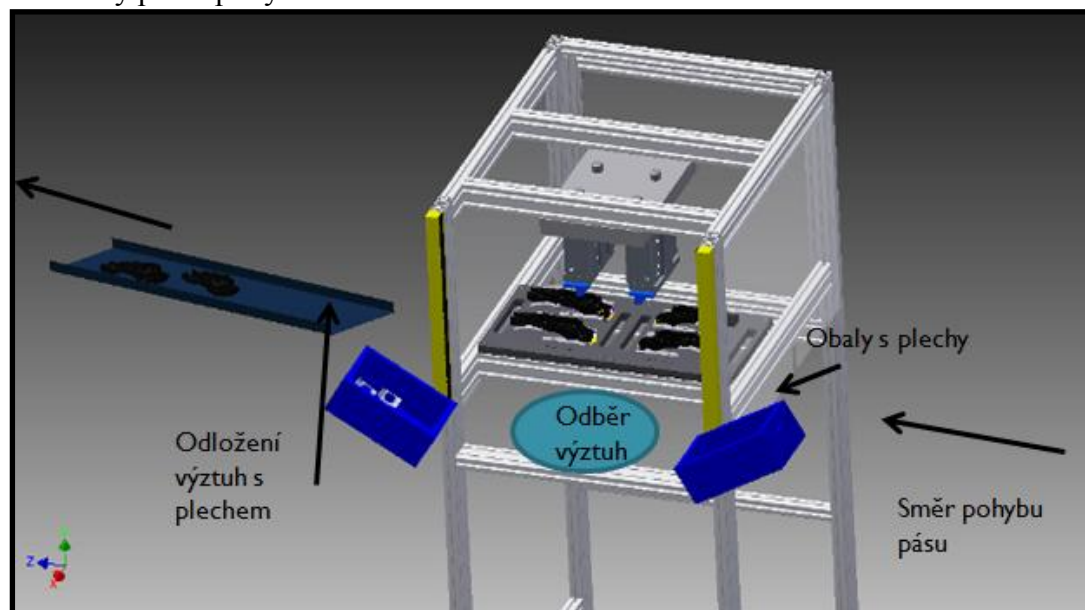
- Najednou zalisuje čtyři plechy do výztuh
- Jednoduché, nižší náročnost údržby
- Použití světelné brány (bezpečnost)
- Rychlost stroje se blíží taktu linky



Zápory konceptu:

- vysoké náklady na stroj
- horší ergonomie – zakládání příliš daleko=> stísněné místo min. 300mm od ní sv. brány
- Pracoviště vysoko, nutná plošina
- Velký počet pohybů během krátkého taktu

Obr. 3.9: 3D model – Koncept 5





Hrubý cenový odhad technologie - Koncept 5 (odchylka +/- 30%)				
Popis	Poznámky	Hodiny	Tarif €	Materiál €
Konstrukce elektro hodiny	Program, odladění, dokumentace	35	20	700,00
Konstrukce elektro materiál	Elektromateriál (rozvaděč, elektrokomponenty)	x	x	5 400,00
Konstrukce stroje hodiny	návrh stroje, dokumentace, obj. materiálu	70	20	1 400,00
Konstrukce stroje materiál	festo, Item, světelná brána	x	x	5 500,00
Nástrojárna hodiny	výroba dílů	140	16	2 240,00
Nástrojárna materiál	zakládání(výztuhy + plech)	x	x	350,00
Montáž hodiny	montáž, seřízení, vyzkoušení	45	12	540,00
Montáž materiál	montážní materiál (šrouby atd.)	x	x	150,00
Montáž elektro hodiny	Elektromontáž (rozvaděč, rozvody stroje)	25	14	350,00
Montáž elektro materiál	Instalační materiál	x	x	100,00
Hodiny celkem €		5230		
Materiál celkem €		11500		
Suma €		16730		

Tab. 3.13: Hrubý cenový odhad technologie – Koncept 5

Odhad času montáže - Koncept 5				Graf taktů lisovací přípravek montážní linka
P.č.	Popis	TMU	sec	
1	založit 4 plechy na beran lisu (magnet)	220	7,92	
2	založit z pásu 4 výztuhy do zakládání	160	5,76	
3	sešlápnutí nožní šlapky čas lisování (50TMU)	50	1,80	
4	výztuhy odložit na pás	160	5,76	
4	doplnění plechů (PO 200ks)	2	0,07	
5	suma času na 2výztuhy	592	10,66	Suma času na montáž 2ks : 10,66 * 3 = 31,98s

Tab. 3.14: Odhad času montáže – Koncept 5

Kritéria pro rozhodovací tabulku - Koncept 5 (1 nejhorší - 5 nejlepší)			
Kritérium	hodnocení	Kritérium	hodnocení
Takt stroje	3	Životnost	3
Kvalita lisování	3	Energetická náročnost	3
Investice	2	Náročnost údržby	3
Ergonomie pracoviště	2	Složitost stroje	3
Náročnost montáže	3	Kapacita linky ks/směna	3

Tab. 3.15: Kritéria pro rozhodovací tabulku – Koncept 5

4. Porovnání konceptů a výběr neoptimálnějšího řešení

V následující kapitole bude za pomoci rozhodovací analýzy vybrán koncept, který nejlépe splňuje zadání projektu. Rozhodovací analýza je metoda vhodná k řešení jednoduchých či složitých rozhodovacích problémů v řízení. Podstata analýzy je v použití standardních programů a postupů k vyjádření preference variant. Měří a srovnává užitnou hodnotu a určuje tak výsledný efekt jednotlivých variant. Tato metoda hodnotí každý koncept na základě předem stanovených kritérií, která mohou mít různé váhy podle toho, jak důležité jsou jednotlivé kritéria pro danou firmu, pro kterou je tento výrobek vyvíjen.

Dle významnosti jednotlivých kritérií, jsem přidělil ke každému z nich váhu. Čím vyšší významnost kritéria, tím vyšší váha. Součet těchto vah dává dohromady 100%

Zvolená kritéria a jejich váha			
Kritérium	Váha	Kritérium	Váha
Takt stroje	20,00%	Životnost	5,00%
Kvalita lisování	10,00%	Energetická náročnost	5,00%
Investice	15,00%	Náročnost údržby	5,00%
Ergonomie pracoviště	10,00%	Složitost stroje	5,00%
Náročnost montáže	7,00%	Kapacita linky ks/směna	18,00%

Tab. 4.1: Zvolená kritéria hodnocení a jejich váha

Nyní ke každému konceptu a kritériu přiřadím známku. Známky jsou přiděleny v rozmezí od 1 do 5, kde 5 znamená nejlepší hodnocení a 1 nejhorší. V následujících odstavcích krátce rozeberu jednotlivá kritéria a objasním přiřazení známky. Jestliže známku pronásobím váhou kritéria, dopočtu se vážené hodnoty (dále jen VU). Koncept, který má nejvyšší součet VU je vyhodnocen dle rozhodovací tabulky jako vítězný a měl by nejlépe splnit cíle projektu. Ostatní koncepty zůstanou dále neřešeny a diplomová práce se bude zabývat již jen vítězným konceptem.

Takt stroje

V zadání projektu je uvedeno, že lisovací zařízení by nemělo zdržovat takt montážní linky, který je 5s/ks. Koncepty, kde montáž a čas lisování přesahuje tuto hranici, nemůžou počítat s nejvyšší známkou. U tohoto kritéria dosáhnou vysoké známky projekty s vyšší mírou automatizace. Dle taktu odhadnutého na základě Most analýzy jsem jednotlivým konceptům udělil známku. Nejlepší je koncept 4, nejhorší koncept 2.

Kvalita lisování

U tohoto kritéria se koncepty moc neodlišují. Koncept 1, lisování ručním lisem dosáhlo nejhorší známky, jelikož nevykazuje takovou kvalitu jako lisování pneumatickým válcem.

Navíc tu hraje roli i operátor, který nemusí zalisovat až do koncové polohy. Nejvyšší hodnocení dosáhl koncept 3, u kterého bylo použito odpružených zakládání.

Investice

Zdaleka nejnižší investice pochopitelně je u konceptu 1, kde je použitý ruční lis. Nejvyšší investici by byla do realizace Konceptu 3, kde je použito propadávání dílů po lisování na pásový dopravník. Podobná investice je i u konceptu 5, kde je použito 4 zakládání a 2 pneumatických pohonů pro lisování.

Ergonomie pracoviště

Ergonomie u většiny konceptů je na dobré úrovni. U konceptu 1 však není ideální ruční pohyb pákou lisu v tak nízkém taktu. U konceptu 5 jsou zase příliš daleko zakládání a obsluha je nucena natahovat se hodně daleko do stroje. Příčinou je použití světelné brány, která musí být minimálně ve vzdálenosti 300mm od nejbližšího střížného místa.

Náročnost montáže

Nejnáročnější je pro operátora montáž v případě realizace konceptu 1, kde musí provádět lisování sám pákou ručního lisu, což může být po určité době fyzicky náročné. Nejjednodušší montáž je u konceptu 3, kde si obsluha jen zakládá díly, ale již s nimi po lisování nemusí manipulovat.

Životnost

Dle mého odhadu nejvyšší životnost bude vykazovat koncept 1, jelikož na ručním lisu nebude ani po několika letech nutné nic opravovat. U ostatních konceptů se dá v budoucnu očekávat výměna pneumatických válců a příslušenství.

Energetická náročnost

Energeticky nejméně náročná je varianta 1, jelikož žádnou energii pro svůj provoz nepotřebuje. U ostatních konceptů je energetická náročnost na podobné úrovni.

Náročnost údržby

Největší problémy s údržbou zařízení se dají očekávat u konceptu 3 a 4. Koncept 3 je díky propadávání dílů (zabezpečené díky rozjíždějícím částem zakládání) a použití čidel pro přítomnost dílů v zakládání určitě náročnější než ostatní koncepty. U konceptu 4 očekávám také problémy, jelikož stanice lisování na montážní lince Stein I. je koncipována tak, že výztuha bude zatlačována do plechu, nikoli obráceně. Bylo by tedy nutné velmi přesné nastavení.

Složitost stroje

Nejsložitější pro návrh konstrukce, elektrokonstrukce a montáž je bezesporu koncept 3, Nejjednodušší je koncept 1, jehož realizace by byla jednoduchá a rychlá.

Kapacita linky ks/směna

Toto kritérium je jedno z nejdůležitějších, jelikož v následujících letech je avizované navýšení zákaznického požadavku a vysoká výrobní kapacita zařízení může ušetřit náklady na Taxi v případě, že by se nestihly díly vyrobit včas. Také může zajistit to, že nebude nutné stavět novou montážní linku. Nejvyšší výrobní kapacitu zajišťuje koncept 3, kdy každých 10s linka vyprodukuje 2 kusy. Dle počtu vyrobených ks/směnu jsem konceptům udělil známky.

4.1. Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů

Kritérium	Váha	Navržené koncepty lisovacího stroje										ideální hodnota
		Č.1.		Č.2.		Č.3.		Č.4.		Č.5.		
		Známka	VU	Známka	VU	Známka	VU	Známka	VU	Známka	VU	
Takt stroje	20,00%	1	0,2	1	0,2	4	0,8	5	1	3	0,6	1
Kvalita lisování	10,00%	2	0,2	3	0,3	4	0,4	3	0,3	3	0,3	0,5
Investice	15,00%	5	0,75	3	0,45	2	0,3	4	0,6	2	0,3	0,75
Ergonomie pracoviště	10,00%	2	0,2	3	0,3	4	0,4	3	0,3	2	0,2	0,5
Náročnost montáže	7,00%	2	0,14	3	0,21	4	0,28	3	0,21	3	0,21	0,35
Životnost	5,00%	4	0,2	3	0,15	3	0,15	2	0,1	3	0,15	0,25
Energetická náročnost	5,00%	5	0,25	3	0,15	3	0,15	3	0,15	3	0,15	0,25
Náročnost údržby	5,00%	3	0,15	3	0,15	2	0,1	2	0,1	3	0,15	0,25
Složitost stroje	5,00%	5	0,25	3	0,15	2	0,1	3	0,15	3	0,15	0,25
Kapacita linky ks/směna	18,00%	2	0,36	1	0,18	5	0,9	2	0,36	3	0,54	0,9
Součet		2,7		2,24		3,58		3,27		2,75		5
Relativní užítost		54%		45%		72%		65%		55%		100%
Pořadí		4.		5.		1.		2.		3.		
Další postup		NE		NE		ANO		NE		NE		

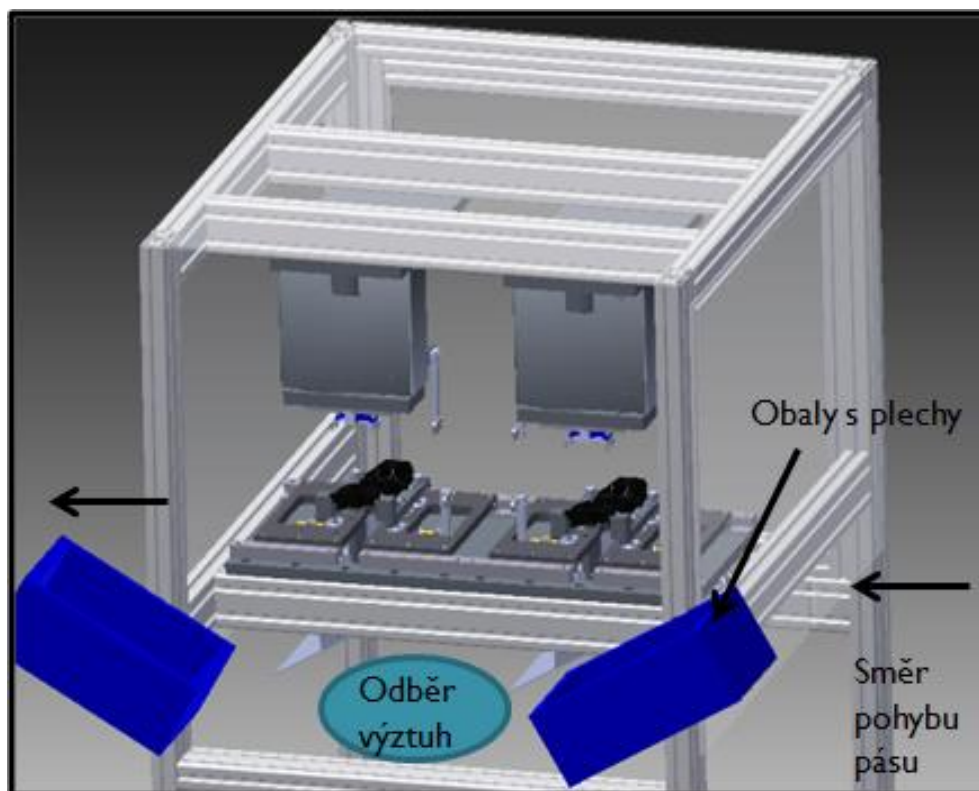
Tab. 4.2: Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů

Závěr: Z rozhodovací tabulky vyšel jako vítězný koncept 3. Ostatní koncepty v porovnání s ním neobstály a dále je ve své práci zmiňovat nebudu. Rozpracován bude **koncept č. 3**

5. Rozpracování vítězného konceptu

Z rozhodovací tabulky vyšel jako vítězný koncept 3. Ostatní koncepty již nebudou dále řešeny a této kapitole bude detailně rozpracován pouze vítězný koncept. Rozpracování vítězného konceptu bude obsahovat:

- Stanovení síly potřebné na zalisování plechu - Zkouška
- Stanovení síly potřebné na zalisování plechu - FEM simulace
- Výběr vhodného pneumatického pohonu a válců pro lisovací stroj
 - výběr provést na základě zkoušky snímačem síly a výpočtu.
- Vypracování konstrukce lisovacího stroje včetně pracoviště montážního dělníka
- Vypracování výkresové dokumentace (příloha DP)
- Vypracování P-FMEA



Obr. 5: Vítězný koncept č.3.

5.1. Výběr vhodného pneumatického pohonu

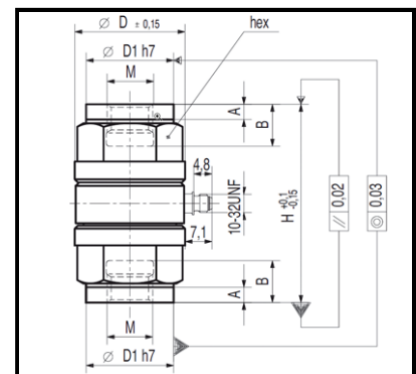
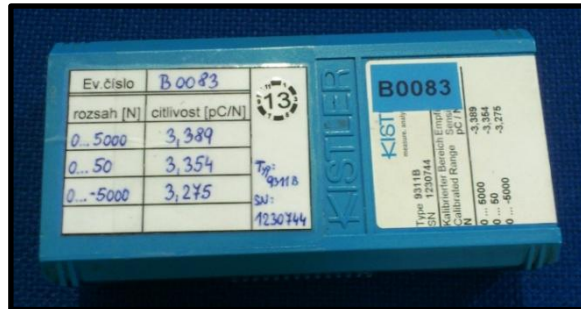
Abych mohl zvolit vhodně dimenzovaný pneumatický pohon zajišťující zalisování bezpečnostního plechu do dvevní výztuhy, je potřeba znát sílu nutnou k zalisování.

Sílu je možné zjistit za pomoci výpočtu, FEM analýzy nebo jí přímo změřit praktickou zkouškou za pomoci snímače síly. Využil jsem zkušebny ve firmě WITTE Automotive a za pomoci kolegy L. Vaňka sílu na zalisování plechu naměřil. Pneumatický pohon samozřejmě nemůže pracovat ve svých max. hodnotách síly, proto je nutné stanovit míru bezpečnosti.

5.1.1. Měření lisovací síly - zkouška

Použité pomůcky:

- 1) Snímač síly **Kistler 9311b** – tento snímač je založený na piezoelektrickém jevu. Snímač se našroubuje mezi ruční lis a zkoušený předmět. Při deformaci vzniká elektrický náboj, který je přiměřený k vyvinuté síle. Elektrický náboj je snímán elektrodou a přes stíněný kabel je přiváděn zesilovači náboje.
- Rozsah síly: $\pm 5\text{KN}$
 - Kalibrovaný dílčí rozsah: 100N
 - Vlastní frekvence: 70Khz
 - Hmotnost: 28g



Type	D	D1	H	A	B	hex	M
9311B	15	12,5	30	3	5	13	M6

Obr. 5.1: Snímač síly Kistler 9311b

- 2) Nábojový zesilovač **Kistler 5995** – tento přístroj slouží k měření s piezoelektrickými snímači. Je propojený stíněným kabelem se snímačem síly, zesiluje náboj a následně vyhodnocuje sílu. Dle velikosti síly [N] se na zesilovači nastavuje citlivost [pC/N].

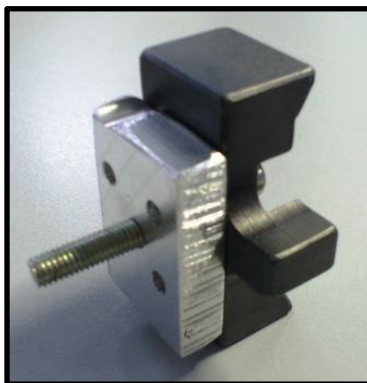
- Měřený signál: $\pm 2\text{V}$
- Rozsah: $\pm 200 - 200000\text{pC}$



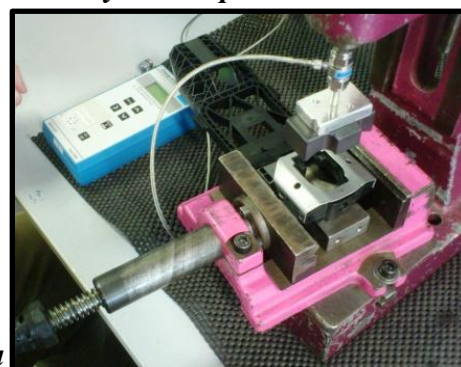
Obr. 5.2: Zesilovač náboje Kistler 5995

3) Ruční lis se svěrákem**Obr. 5.3: Ruční lis se svěrákem****4) Zakládání s kostkou pro uchycení snímače síly**

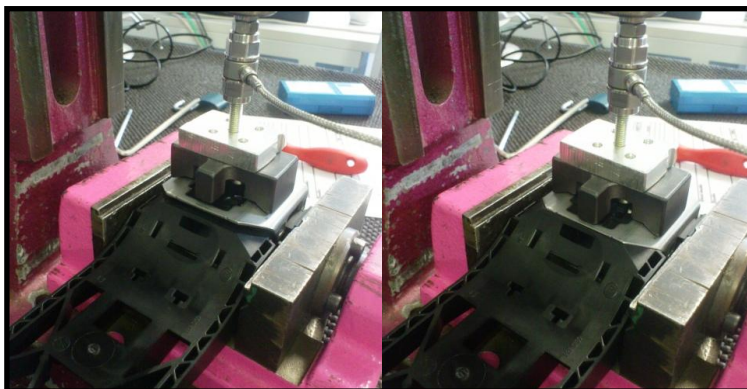
- k zakládání pro plech bylo nutné vyrobit a za pomoci 4 šroubů M5x16 přichytit hliníkovou kostku. V kostce je umístěn zápusťný šroub M6x25 nutný pro našroubování snímače síly – Kistler 9311b

**Obr. 5.4: Zakládání s kostkou****Průběh zkoušky:**

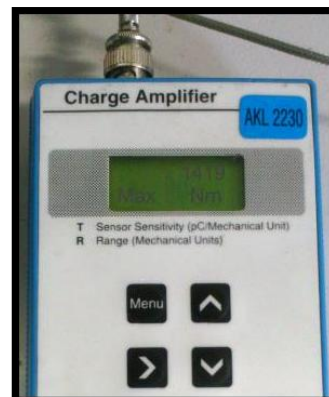
- K provedení zkoušky je nutno připravit 5x plastovou výztuhu, 5x bezpečnostní plech, snímač síly, kabel, zesilovač náboje, ruční lis se svěrákem, zakládání s kostkou.
- Na spodní část snímače síly našroubovat zakládání s kostkou a horní část pak přišroubovat k ručnímu lisu. Poté snímač síly propojit kabelem se zesilovačem náboje. Spustit zesilovač náboje a nastavit konstantu citlivosti. Dle zkušenosti se dá odhadnout, že síla potřebná na zalisování plechu bude v rozmezí 0-5000N => tím pádem je potřeba nastavit konstantu citlivosti = 3,389(pC/N)
- Na plastovou výztuhu předmontovat ručně plech tak, aby byl v pozici zajišťující následné dolisování ručním lisem.
- Předmontovanou výztuhu s plechem umístit do svěráku, podložit pomocí ocelových kvádrů tak, aby byla výztuha v rovině, následně utáhnout ve svěráku.

**Obr. 5.5: Předmontovaná výztuha s plechem****Obr. 5.6: Výztuha ustavená ve svěráku**

- e) Páku ručního lisu stlačit dolů, sjet beranem lisu na plech a následně zalisovat plech do výztuhy. Ve snímači síly je umístěn krystal, jeho deformací vznikne elektrický náboj, který je přímo úměrný vyvinuté síle. Elektrický náboj je přes stíněný kabel přiváděn do zesilovače náboje, který náboj zesílí a vyhodnotí sílu. Z displeje přístroje je pak možné odečíst max. sílu v průběhu lisování a zapsat ji do záznamu o zkoušce.

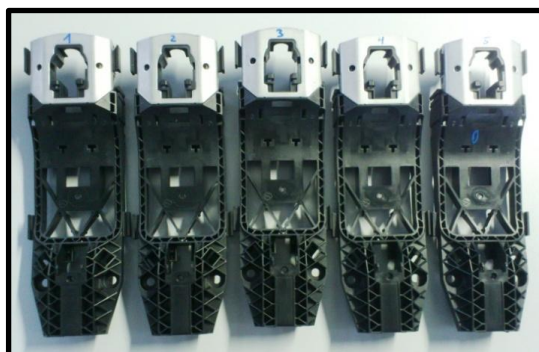


Obr. 5.7: Polohy při lisování plechu



Obr. 5.8: Odečtení max. síly

- f) Po naměření, zapsání síly a času zkoušky, vzorek vyjmout ze svěráku, očíslovat a tento postup provést u všech 5 vzorků.



Obr. 5.9: Očíslované zkušební vzorky

Výsledky zkoušky:

V následující tabulce jsou uvedené síly na zalisování plechu do výztuhy u jednotlivých vzorků. Pohybují se od 1419N do 1962N. Poměrně vysoká odchylka je způsobená rozdíly mezi jednotlivými otisky formy a ne zcela stabilním uchycením výztuhy ve svěráku. Při výběru lisovacího válce budu brát v úvahu sílu **1962N** a míru bezpečnosti **k = 1,5**. Míra bezpečnosti mi zajistí, že pneumatický pohon nebude pracovat na hranici svých max. hodnot síly.

číslo vzorku	naměřená síla [N]	čas
č.1	1419	10:42
č.2	1815	10:46
č.3	1841	10:49
č.4	1645	10:53
č.5	1962	10:59
Datum: 21.12.		Vypracoval: L.Vaněk

Tab.5.1: Výsledky naměřené síly

- Vyplněný formulář „Záznam z průběhu zkoušky lis. síly“ je uveden v příloze č. 1

5.1.2. Výpočet lisovací síly – FEM analýza

FEM (Finite Elements Methods), neboli Metoda konečných prvků (MKP), je numerická metoda určena pro řešení technických problémů. Řešení napětí ve strojních součástech je jen jednou z mála specifikací, kde se tato metoda používá. Uplatnění našla v oblasti fyzikálních a matematických výpočtů, přes strojírenství až po oblast dynamiky proudění.

Metoda vznikla v polovině minulého století v USA. První jednoduché výpočty byly prováděny v rozsáhlých výpočetních centrech a sloužily jako podklady pro vývoj v kosmickém a vojenském průmyslu.

Princip funkce spočívá v rozložení geometrického objektu na velký počet malých objektů – entit, aproximujících jeho tvar. Takto uskutečněný geometrický popis je doplněn popisem charakterizujícím materiálové vlastnosti dané součásti. Každý geometrický útvar zatížený vnějšími silami můžeme popsat soustavou rovnic (pevnostní rovnice nebo rovnice popisující deformaci). Tyto rovnice je pak generována pro každou entitu. [5]

FEM analýza – síla na zalisování plechu a napětí

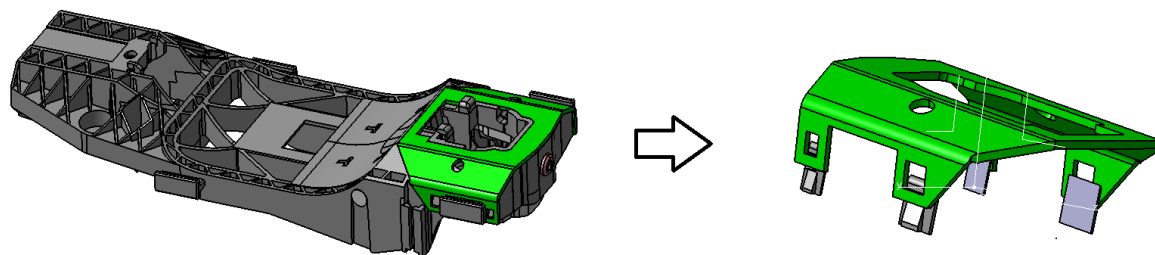
V případě praktické zkoušky se pohybovala síla na zalisování plechu na dveřní výztuhu od **1419N** do **1962N**. Poměrně vysoká odchylka je způsobena rozdíly mezi jednotlivými otisky formy a ne zcela stabilním uchycením výztuhy ve svěráku. Proto jsem se rozhodl ověřit si potřebnou sílu i jiným způsobem.

Sílu na zalisování plechu do výztuhy je samozřejmě možné zjistit i za pomoci 3D programu a FEM analýzy. Pro zjištění lisovací síly a napětí v plechu byl použit program **CATIA V5**.

Popis analýzy:

1) Osekání modelu

Osekají se zbytečné části, které nemají na výpočet žádný vliv. V tomto případě je nutné osekát výztuhu. Osekává se to hlavně proto, aby nebylo ve výpočtu zbytečně moc prvků a výpočet netrval příliš dlouho.



Obr. 5.10: FEM analýza - Osekání 3D modelu výztuhy

2) Přiřazení materiálových vlastností pro jednotlivé díly

Bezpečnostní plech (01020829222)

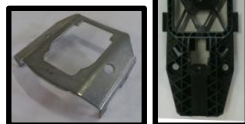
Ocel 1.0556

$E=205000\text{ MPa}$

$R_e=400\text{ MPa}$ (mez kluzu)

$R_m=460\text{ MPa}$ (mez pevnosti)

$A=18\%$ (tažnost)



Dveřní výztuha (01020829015)

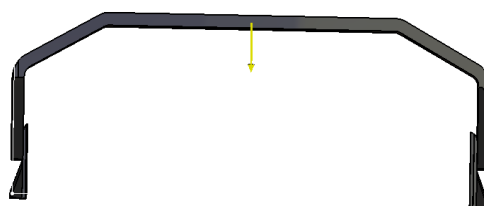
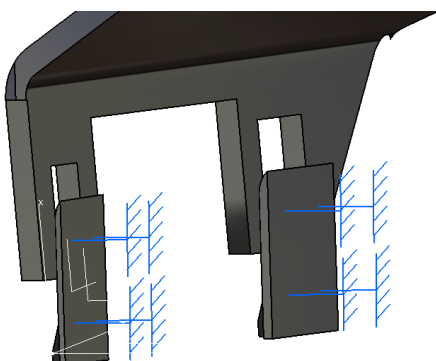
PBT GF 30

- pro zjednodušení výpočtu jsem k výztuze nepřiradil vlastnosti materiálu, nechal jsem ji tuhou a zanedbal jsem tím případné opotřebení klipů výztuhy.

- **vlastnosti jsou vyčtené z materiálového listu – viz příloha č. 2**

3) Nastavení okrajových podmínek

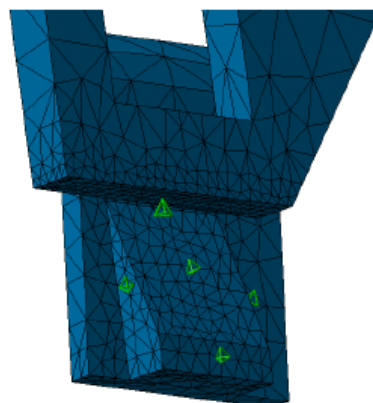
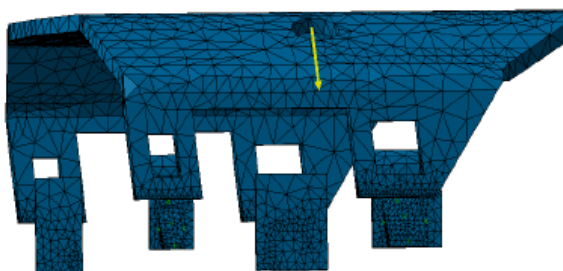
- Uchycení klipů na výztuze
- Nastavení kontaktů mezi prostřihy v plechu a klipy výztuhy
- Nastavené síly na plech - postupné navýšení (0N_200N_400N_600N_800N_1000N)
- Zadání součinitele smykového tření - pro styk mezi ocelí a plastem se nejčastěji uvádí hodnoty v rozmezí $f = 0,1 - 0,3$. Pro výpočet zvolena hodnota $f = 0,2$.



Obr: 5.11: FEM analýza – Uchycení klipů, nastavení kontaktů, nastavení síly na plech

4) Vytvoření sítě (prvků)

V kritických místech, kde dochází ke styku mezi díly je nutné nastavit hustou síť.



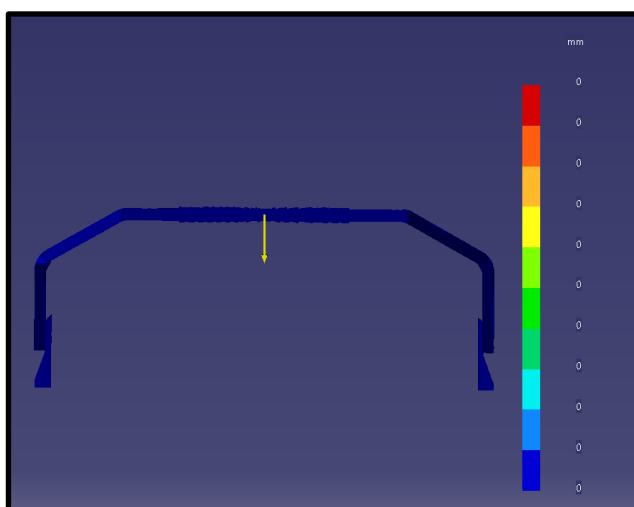
Obr: 5.12: FEM analýza – Vytvoření husté sítě v kritických místech

5) Spuštění výpočtu

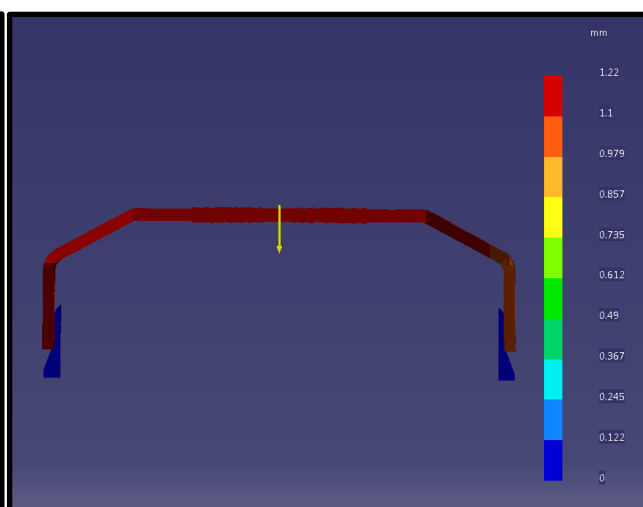
Výpočet byl hotový během cca **1,5h**. Čas výpočtu závisí na úloze, počtu prvků a počtu dílů.

6) Vyhodnocení výsledků

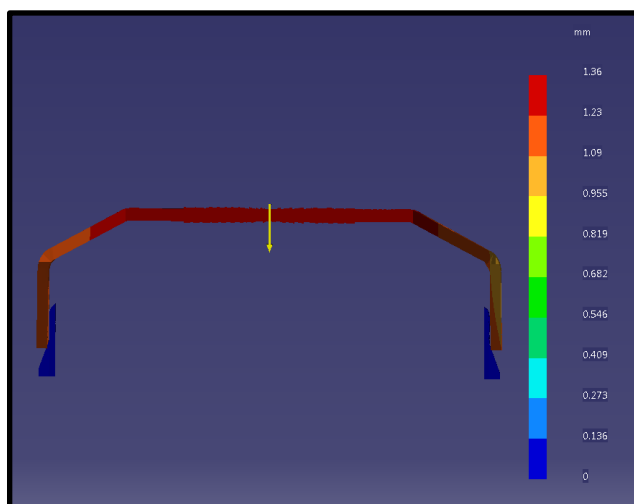
Plech je postupně zatlačován do výztuhy, obrázky z analýzy jsou uvedené postupně dle zatěžovací síly v pořadí **0N_200N_400N_600N_800N_1000N**. Na základě vynaložené síly je možné vidět posuv plechu po klipech dveřní výztuhy směrem dolů až do okamžiku zalisování (zaklipnutí).



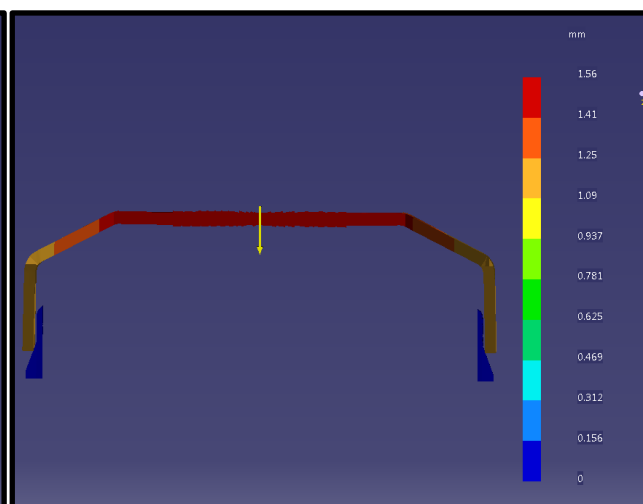
Zatížení: 0 N
Posun: 0 mm



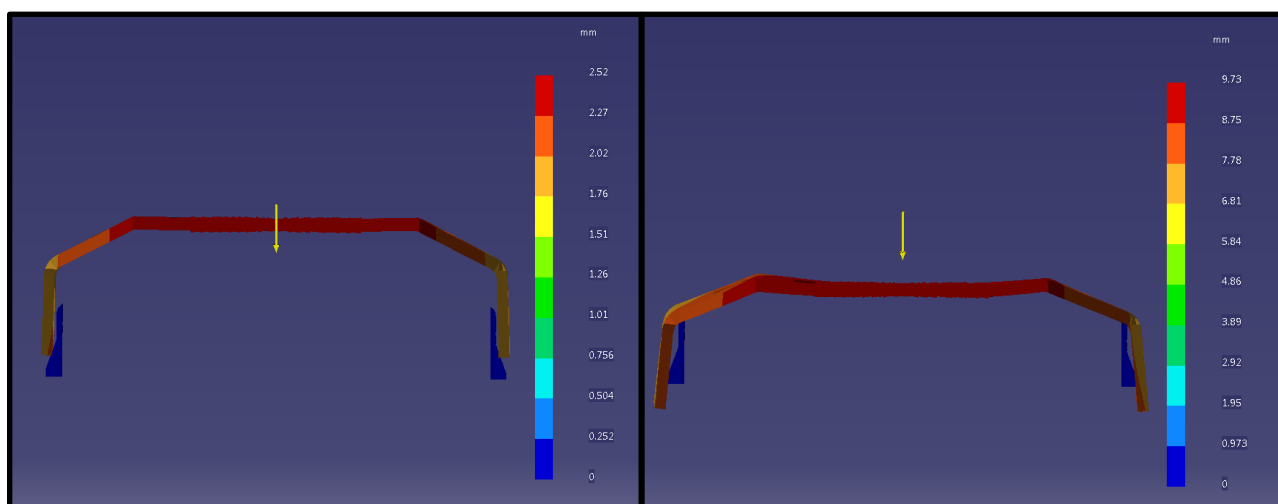
Zatížení: 200 N
Posun: 1,22 mm



Zatížení: 400 N
Posun: 1,36 mm



Zatížení: 600 N
Posun: 1,56 mm



Zatížení: 800 N
Posun: 2.52 mm

Zatížení: 1000 N
Posun: 9.73 mm

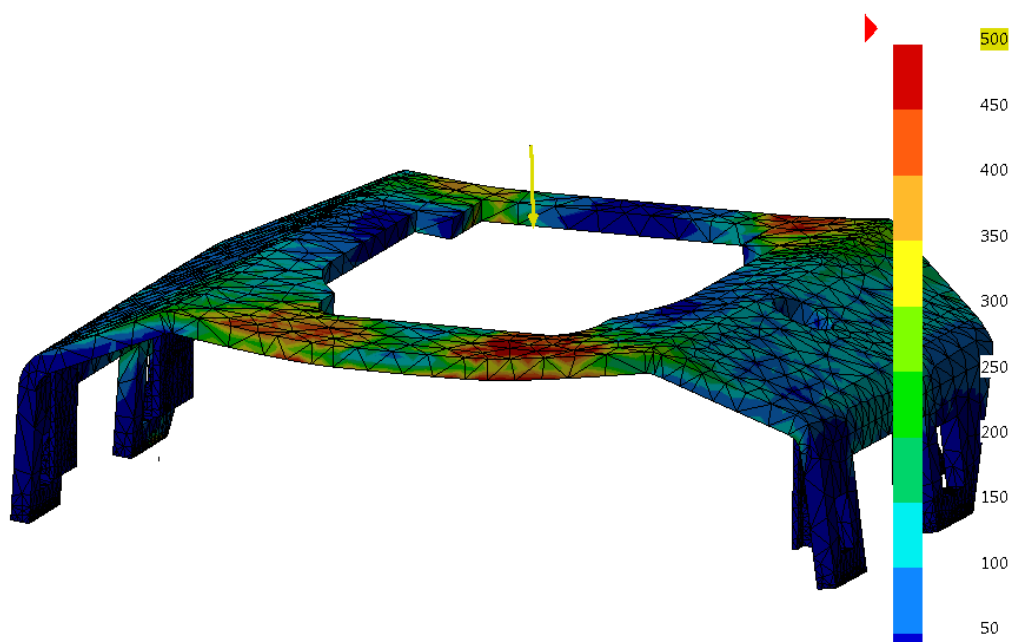
Obr: 5.13 - 5.18: Posun plechu v závislosti na působící síle

Po dosažení síly **1000N** došlo k zalisování plechu do plastové výztuhy. Hodnota potřebné síly je v porovnání s hodnotami ze zkoušky (**Max 1962N**) podstatně nižší.

Pozn.: Možné chyby - rozdílné výsledky oproti zkušebně

- 1) Numerická chyba (ideálně malá, cca 5%)
- 2) Nepřesné materiálové vlastnosti (různé materiálové listy uvádějí trochu jiné hodnoty pro stejný materiál)
- 3) Vliv tření – může způsobit obrovské odchylky. Pro hodnoty 0.1 až 0.3 (obvyklé hodnoty pro tření) mohou vycházet úplně jiné výsledky.
- 4) Rozdílné okrajové podmínky ve výpočtu a na zkušebně.

Pro výběr lisovacího válce budu pro jistotu počítat se silou vycházející ze zkoušky



Obr: 5.19: Napětí v materiálu (MPa) v okamžiku zalisování při působící síle 1000N

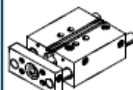
5.1.3. Výběr pneumatického pohonu a válců

Jeden z nejznámějších výrobců vzduchotechniky je bezesporu firma Festo. Po prohlídce webových stránek a katalogů výrobce jsem usoudil, že pro lisovací stroj bude vhodné použít pohon s přímočarým vedením typu DFM. Mezi jeho hlavní přednosti patří:

- Pohon a vedení v jednom tělese
- Odolné a přesné
- Vysoká odolnost krouticím momentům a příčným silám
- Široký výběr variant

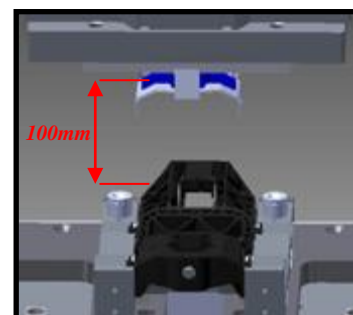


Obr. 5.20. Pohon DFM

funkce	konstrukce	typ	Ø pístu [mm]	zdvih [mm]	[mm] variabilní zdvih
dvojčinný pohon		DFM základní typ s kluzným vedením			
		jednostranná pístnice	12, 16	10, 20, 25, 30, 40, 50, 80, 100	–
			20, 25	20, 25, 30, 40, 50, 80, 100	–
			32	20, 25, 30, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	–
			40, 50, 63, 80, 100	25, 50, 80, 100, 125, 160, 200	–

Tab. 5.2: Přehled vyráběných variant pohonů s přímočarým vedením DFM

Zdvih pneumatického pohonu musí být zvolen tak, aby umožnil obsluhu zařízení pohodlně a bezpečně vložit plech, když je pohon v horní poloze. Musí být v takové výšce, aby vyhovoval z hlediska ergonomie, a zároveň je nutné brát v potaz, že s vyšším zdvihem se prodlužuje čas lisování. Po zhodnocení těchto kritérií a vyzkoušení jsem vybral kompromis, a to válec o zdvihu **100mm**.



Obr. 5.21. Zdvih pístu

Při výběru lisovacího válce budu brát v úvahu sílu **1962N** a míru bezpečnosti **k = 1,5**. Stanovená síla vyplynula z lisovací zkoušky a míra bezpečnosti „k“ zajistí, že pneumatický pohon nebude pracovat na hranici svých max. hodnot síly. Výsledná síla, kterou musí pneumatický pohon disponovat je tedy: $F_v = F \times k = 1962N \times 1,5 = 2943N$

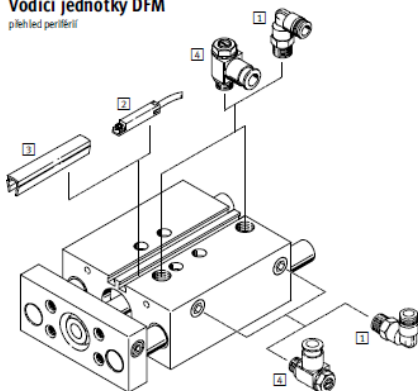
Nejbližší této síle je pohon o pístu **Ø = 80mm**, který má teoretickou sílu při tlaku **p=6bar** a pohybu vpřed **3016N**. Rychlost pneumatického pohonu při vyjždění a zajíždění je **0,4m/s**, což při **zdvihu = 100mm** znamená čas na samotné vyjetí a zjetí: $t = \frac{s}{v} = \frac{0,1+0,1}{0,4} = 0,5s$

Rychlosti [m/s]		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
tlumení P											
maximální rychlost		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
vyjždění											
maximální rychlost		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
zajíždění											
Síly [N]											
Ø pístu		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
teoretická síla při 6 barech,		68	121	188	295	482	754	1 178	1 870	3 016	4 712
pohyb vpřed											
teoretická síla při 6 barech,		51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 418
pohyb vzad											

Tab. 5.3: Rychlosti a síly pohonů s přímočarým vedením DFM v závislosti na průměru pístu

Vodící jednotky DFM

přehled periferií



Příslušenství	krátký popis
1 šroubení s nástržnou koncovkou QS	pro připojení hadic na stlačený vzduch s tolerovaným vnějším průměrem
2 čidla SME-/SMT-8	lze integrovat do profilové trubky
3 krycí lišta do drážky ABP-5-S	pro ochranu kabelu čidla a drážky pro čidla před nečistotami
4 jednosměrný štokový ventil GRLA	pro regulaci rychlosti
- středící dutinky ZBH	v dodávce obsaženy 4 kusy

Obr. 5.22: Přehled periferií vodící jednotky DFM

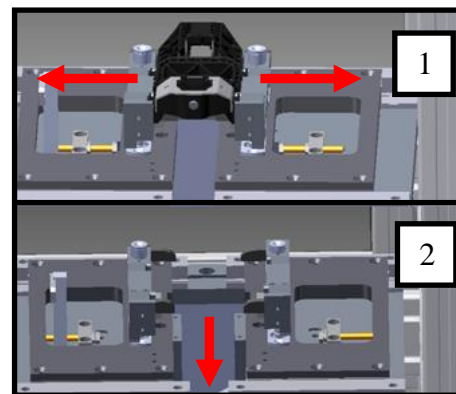
Vodící jednotky DFM

vysvětlení typového značení


	DFM	-	80	-	100	-	P	-	A	-	GF
typ											
dvojitelný pohon											
DFM											
vodící jednotka											
Ø pístu [mm]											
zdvih [mm]											
tlumení											
P											
pružné dorazy na obou stranách											
snímání poloh											
A											
čidla na válce (objednávají se zvlášť)											
vedení											
GF											
kluzné vedení											
KF											
vedení v kulířkových oběžných pouzdech											

Obr. 5.23: Výsledné typové označení vodící jednotky DFM

Vítězný koncept 3 obsahuje kromě dvou již definovaných lisovacích pneumatických pohonů i další pneumatické součástky. Jedná se o pneumatické válce pevně spojené s částmi zakládání. Tyto válce zajišťují odjezd částí zakládání od sebe v okamžiku, kdy je bezpečnostní plech nalisován na výztuhu. Díly propadnou vytvořenou mezerou na pás a pokračují směrem k montážní lince. Obsluha tedy nemusí díly ručně vyndávat a odkládat na pás => úspora montážního času. Pro tuto aplikaci jsem zvolil typ pneumatického válce ADVU s jednostrannou pístnicí. Válce nejsou namáhány vysokou silou, proto bude s rezervou vyhovovat válec o pístu $\varnothing = 32\text{mm}$ a zdvihu = **30mm**. Zdvih 30mm je vzdálenost, která zajistí, že výztuha po odjezdu zakládání propadne na pás.

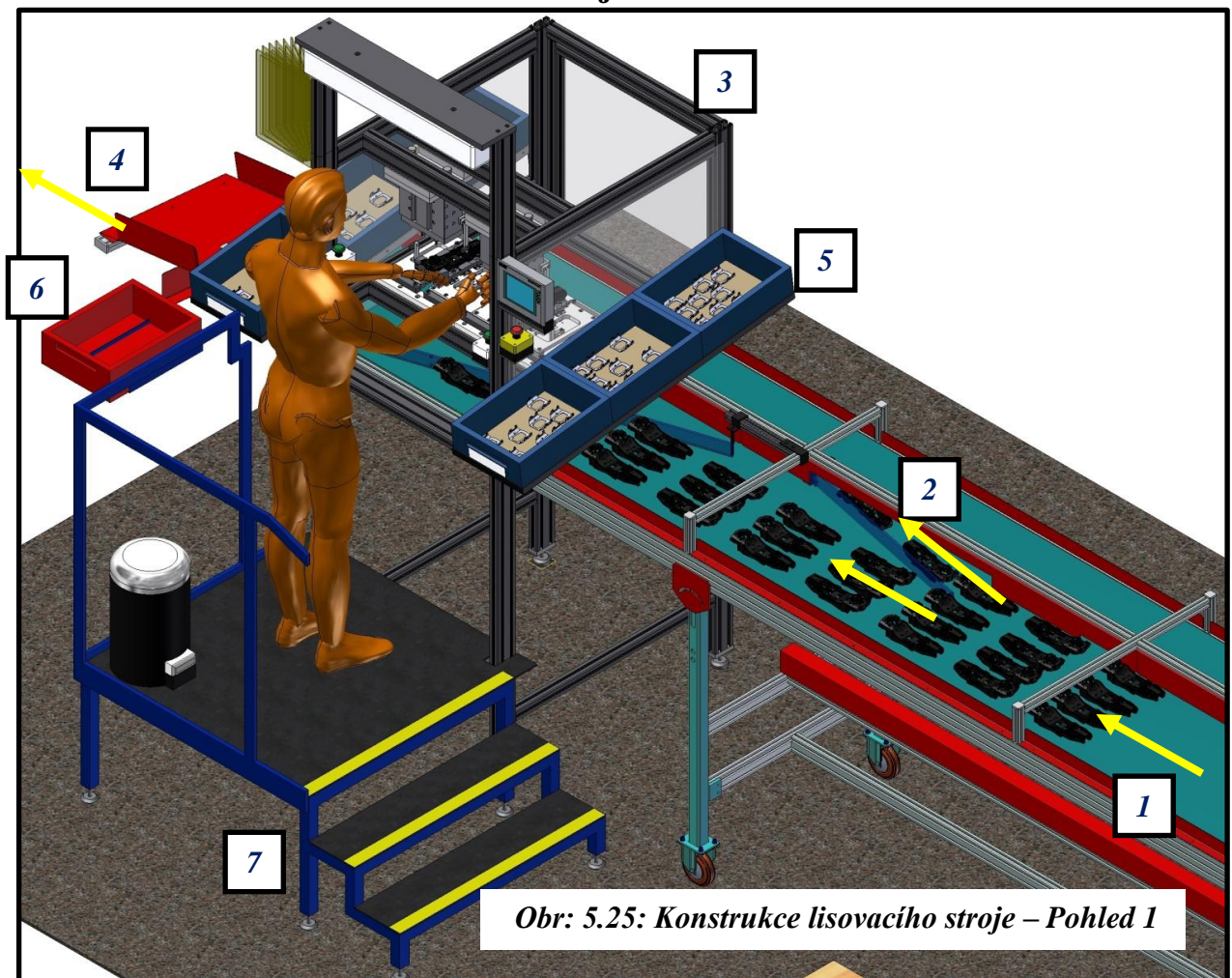


Obr. 5.24: Znázornění rozjezdu zakládání a propadávání dílů

funkce	konstrukce	typ	Ø pístu [mm]	zdvih [mm]	
dvojitelný pohon		základní typ			
		ADVU jednostranná pístnice	12, 16	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	1 ... 200
			20, 25	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	1 ... 200
			32, 40	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 300
			50, 63	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 300
			80, 100, 125	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 400

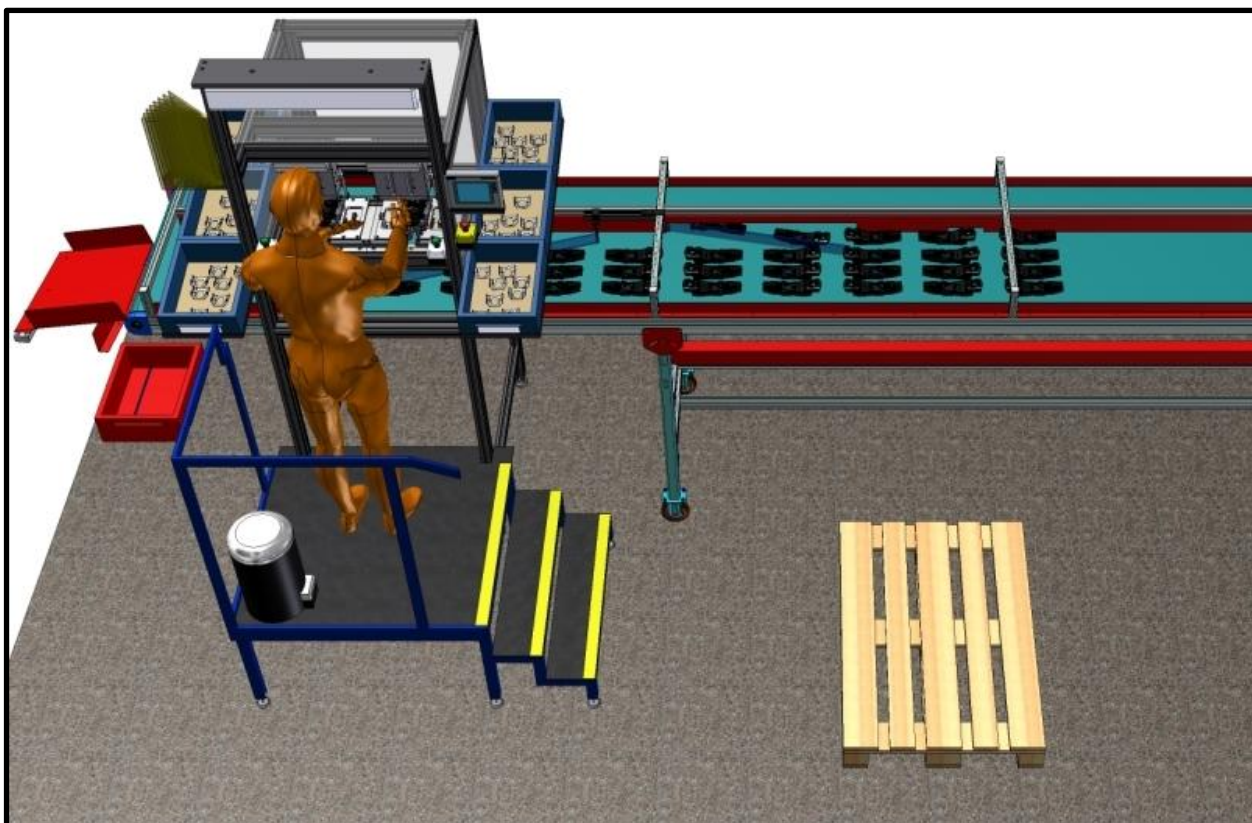
Tab. 5.4: Vybraný pneumatický válec pro odjezd zakládání

5.2. Konstrukce lisovacího stroje

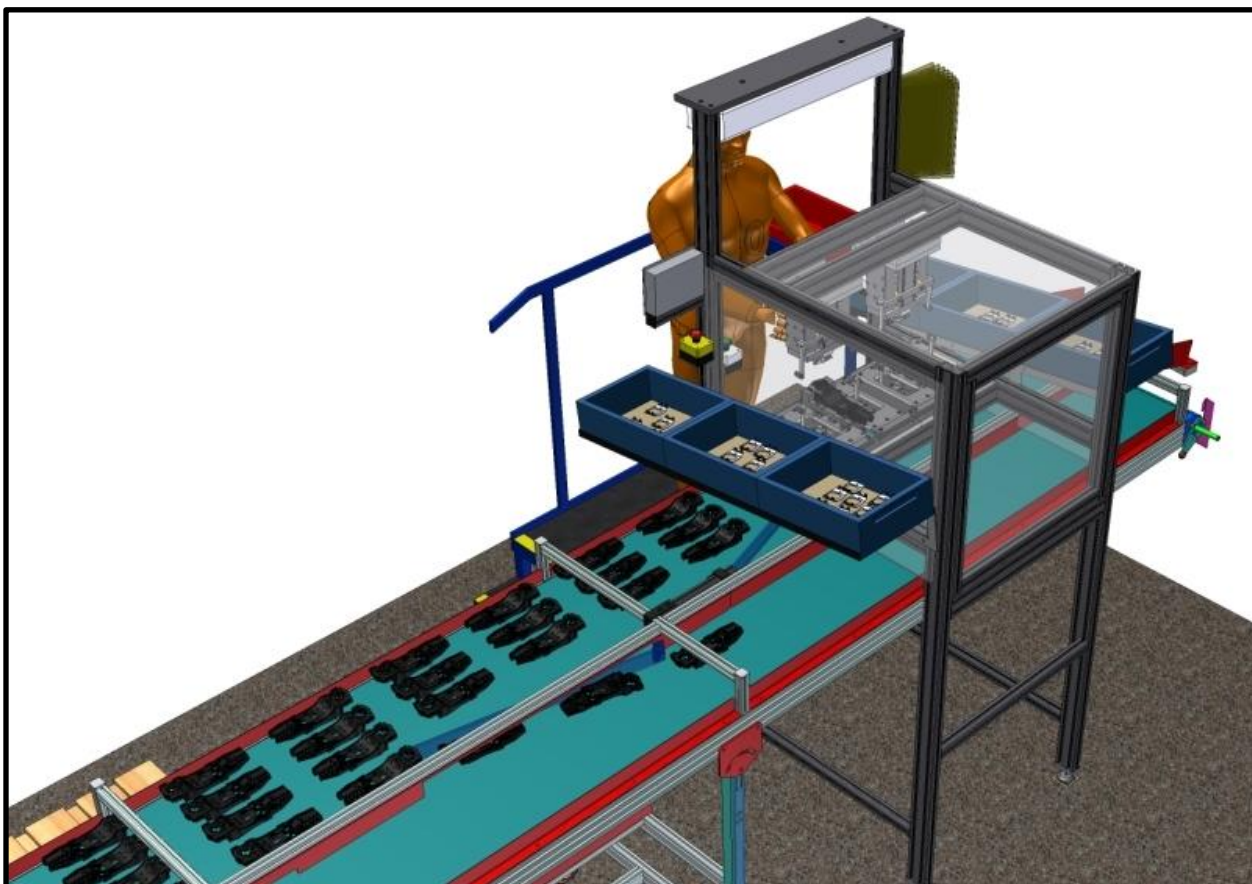


Obr. 5.25: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 1

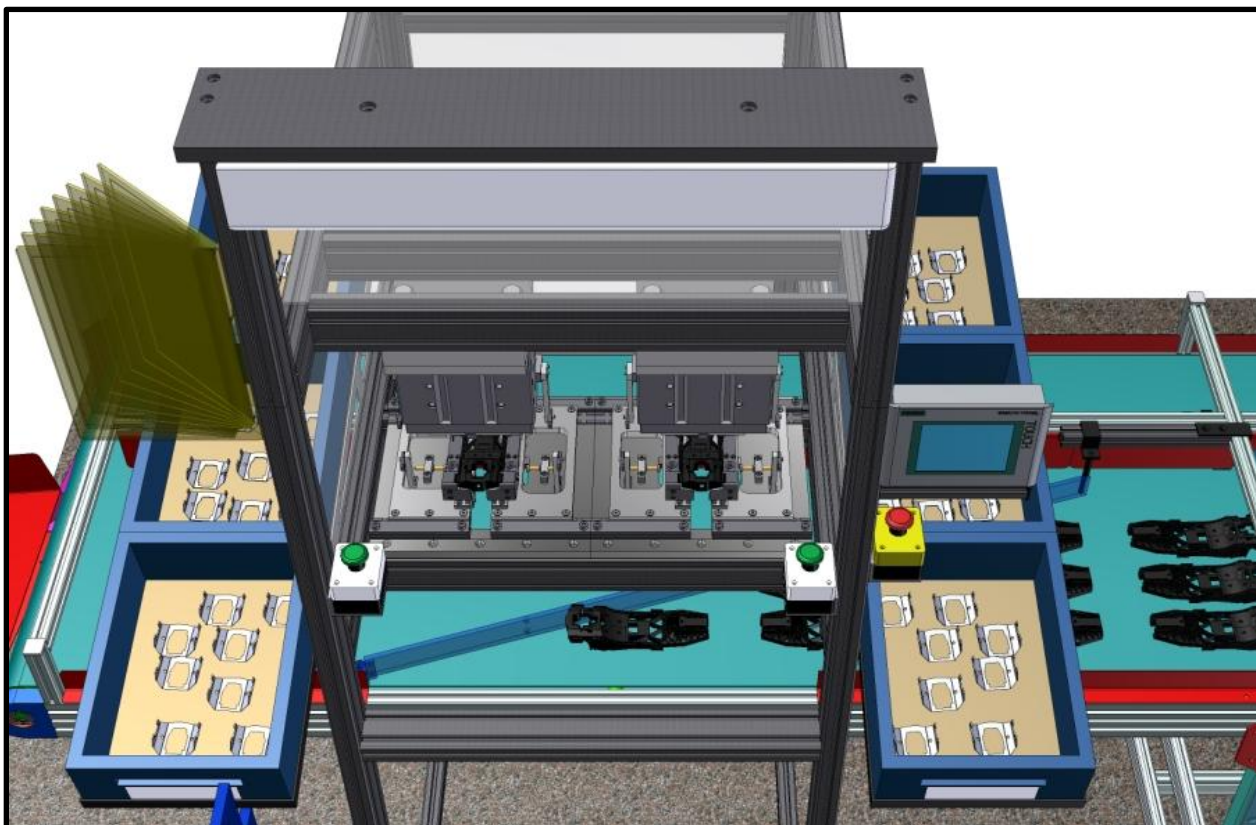
- 1) Plastové výztuhy jsou odkládány ABB robotem přímo ze vstřikovací formy na pás. Robot odebere z formy každých 30s 8 výztuh a přemístí je ke kameře kontrolující klíčové rozměry. Jestliže kamera vyhodnotí správné díly, odloží je robot na pás dopravníku pohybující se rychlostí 1m/s směrem k lisovacímu přípravku.
- 2) Vstřikovací stroj pracuje v rychlejším taktu než lisovací přípravek. Každých 30s robot odloží na pás 8 výztuh. Na lisovacím přípravku je schopna obsluha dle normy zpracovat pouze 6 výztuh. Z každé rány vstřikovacího stroje je tedy nutné 2 díly odklonit. Tyto díly směřují k montážní lince zpracovávající pouze plastové varianty.
- 3) Lisovací stroj. Obsluha založí do spodního zakládání dvě výztuhy z pásu a dva plechy z obalů založí na magnet do horních zakládání. Stisk 2-ručního tlačítka spustí lisovací cyklus, po zalisování plechu dojde k rozjezdu zakládání a propadnutí dílů.
- 4) Výztuhy se zalisovaným plechem pokračují po pásu směrem k lince zpracovávající plechové varianty. Tato linka pracuje ve stejném taktu jako lisovací přípravek.
- 5) Zásobníky na přepravky s bezpečnostními plechy.
- 6) Přepravka na neshodné či poškozené díly
- 7) Podstavec pro obsluhu zajišťující montáž v optimální výšce. Jeho výška je nastavitelná v rozmezí 45-55mm. Díky podstavci je zabezpečeno, že obsluha odebírá a zakládá díly v rozmezí výšky mezi 70 a 120cm, což je ergonomický limit.



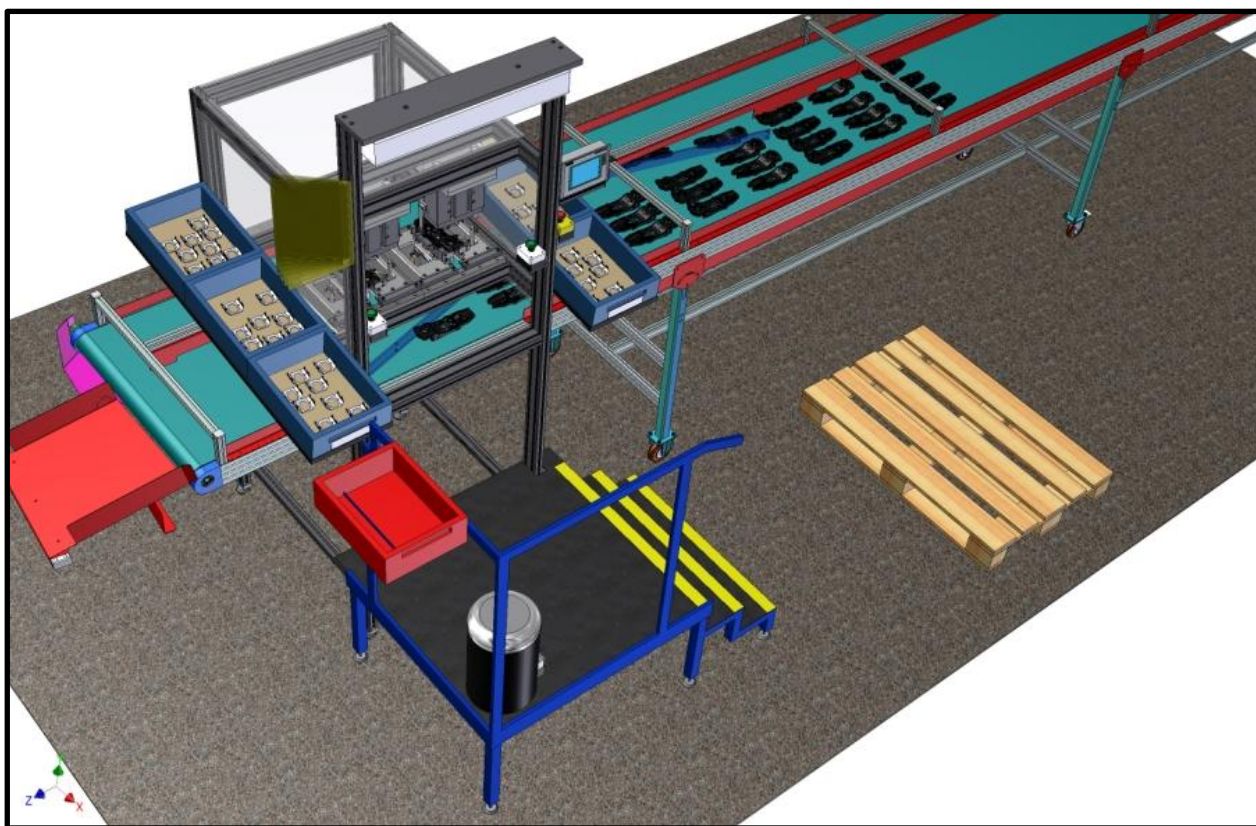
Obr: 5.26: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 2



Obr: 5.27: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 3



Obr. 5.28: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 4

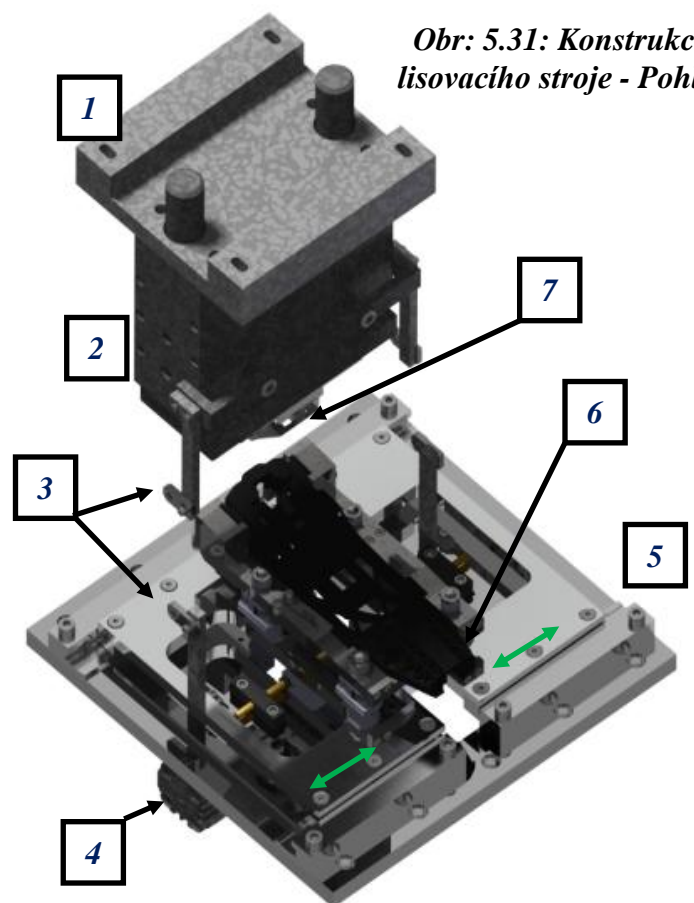


Obr. 5.29: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 5



Obr. 5.30: Konstrukce lisovacího stroje – Pohled 6

- 1) Uchycení pneumatického pohonu do rámu stroje
- 2) Pneumatický pohon DFM 80-100-A-P-GF
- 3) Držáky na indukční čidla. Před startem lisovacího cyklu je nutné zkontrolovat přítomnost a správnou polohu dílů v zakládání. Jestliže toto nebude splněno, k lisovacímu cyklu nedojde a obsluha bude upozorněna na špatné založení.
- 4) Pneumatické válce uchycené pod hlavní deskou zajišťují odjíždění a sjíždění jednotlivých polovin zakládání. Tím je zajištěno propadnutí dílů po nalisování plechu do výztuhy.
- 5) Odjíždějící zakládání
- 6) Zakládání pro plastovou výztuhu
- 7) Zakládání pro bezpečnostní plech



Obr. 5.31: Konstrukce lisovacího stroje - Pohled 7

■ Výkresová dokumentace stroje – příloha č. 3, č. 4

5.3. P-FMEA [2]

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) analýza možného výskytu a vlivu vad) je analytická metoda, jejímž cílem je identifikovat místa možného vzniku vad ve výrobě.

Tato metoda je často používána při výrobě díky jejímu možnému převedení jako standardu pro ostatní výrobky. Tato metoda také odhaluje rizika již v rané fázi plánování, tj. úspora času a jeho investice do vývoje produktu a procesu. Díky této metodě je také důkladně zdokumentován výrobní postup daného výrobku.

O výsledek kvalitní analýzy se musí zasloužit celý tým z různých úrovní organizace. Metoda je relativně jednoduchá, je k ní ale potřeba vysoká zkušenost a znalost zkoumaného produktu, nebo alespoň produktu jemu podobného. Nejen z tohoto důvodu je zapotřebí tým lidí napříč více oborů, protože pro každého člena týmu je důležitá jiná část výrobku či procesu. Pokud je FMEA analyzována pouze jedním člověkem, není zaručené, že byly vzaty v úvahu všechny možné druhy vady a jejich příčiny. Přesně vzato je FMEA souhrnem poznatků technika nebo týmu v průběhu vývoje celého procesu.

Historie Metody FMEA

Tato metoda byla vyvinuta v 60. letech minulého století v USA během vesmírného programu společnosti NASA, jako nástroj pro hledání závažných rizik. Na začátku 80. let byla metoda FMEA zpracována do jednotné příručky a byla zahrnuta do normy QS9000. V průběhu posledních 20 let se FMEA postupně vyvíjela a rozšiřovala, vznikly například metody VDA, DRBFM, FMECA aj., které navazují nebo mají základ v této metodě.

DFMEA (*Design Failure Mode Effects Analysis* - konstrukce, návrh) analyzuje výrobek dříve, než se začne s výrobou. Zaměřuje se na druhy vad způsobené nedostatky konstrukce (návrhu).

Analýza se provádí ještě před konstrukcí samotného produktu. Tuto analýzu provádí tým, který má zkušenosti s podobným produktem. V ideálním případě by tato metoda měla prozkoumat všechny možné způsoby vzniku poruchy, a tím předcházet problémům dříve, než nastanou.

PFMEA (*Process Failure Mode Effects Analysis*) – procesní (výrobní) analyzuje výrobní a montážní procesy, nedostatky procesu výroby nebo montáže. Zpracovávají se a hodnotí možnosti selhání procesu a jeho efektivnosti. Mimo jiné se identifikují akce, které odstraní nebo redukují pravděpodobnost tohoto selhání. Dokument PFMEA by měl být sestaven nejpozději ke dni zahájení procesu nebo ve fázi proveditelnosti, před vlastní produkcí; měl by také vzít v úvahu všechny výrobní operace z jednotlivých součástí.

PFMEA identifikuje a řadí každé potenciální riziko selhání pro každý zpracovatelský krok. Potenciální selhání, která jsou ohodnocena nejvyšším číslem riskové priority (RPN,

Risk Priority Number), pomohou inženýrským službám a managementu k tomu, aby určili, jak alokovat čas a finanční rozpočty na řešení potenciálních selhání. PFMEA může také být využívána pro dokumentaci nebo výrobních technik procesu.

K běžným chybám PFMEA patří:

- prahování
- nerozpoznání všech potenciálních selhání
- chybná identifikace zákazníka
- příliš optimistický náhled

P-FMEA – lisovací stroj

FMEA - ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU CHYB					
Název objektu			Zákazník		
Montážní linka MLGB STEIN I, Lisování plechů 01072532008			VW		
Objekt	Projekt	Založil	Upravit dne	Typ	Status
Multi LGB_P	Lisovací stroj	Lukáš Ondráček	12.12.2012	Proces	uvolneno
Komentář					
10.10.12 založení; Lukáš Ondráček					
12.12.12 úprava; Lukáš Ondráček					

Prvek/ Funkce/Mon. krok	Potenciální chyba	Potenciální následek	Příčina	Aktuální opatření	A	B	E	RPZ	Doporučené opatření	Vyřídít kým & Termín	Přijata opatře ni	A	B	E	RPZ	Stav [%]
PREDMONTÁŽ PLECHU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Výztuha nevložena	další montáž není možná	chyba obsluhy	V: ???	2	2	3	12	10.10.2012							0
				P: ???					V: žádné	-	-	2	2	3	*12	0
	Výztuha vložena nesprávně	možné poškození dílu	chyba obsluhy	V: ???	2	8	8	128	10.10.2012							0
				P: vizuální kontrola					V: žádné	31.10.12 Ondráček	Poka yoke	1	6	8	*48	100%
	Bezpečnostní plech nevložen	snížená bezpečnost - násilné otevření	chyba obsluhy	V: ???	2	6	2	24	10.10.2012							0
				P: 100% kontrola přítomnosti i v PV					V: žádné	-	-	2	6	2	*24	0
	Bezpečnostní plech vložen nesprávně	možné poškození dílu	chyba obsluhy	V: poka	2	8	8	128	10.10.2012							100%
				P: vizuální kontrola					V: žádné	31.10.12 Ondráček	Poka yoke	1	6	8	*48	
	Bezpečnostní plech nedocvaknut na všechny 4 klipy výztuhy	montáž u zákazníka není možná	chyba obsluhy	V: ???	7	4	2	56	10.10.2012							0
				P: lis s blokací					V: žádné	-	-	7	4	2	*56	0
				P: 100% kontrola polohy												
			serizování stroje NiO	V: periodická kontrola seřízení	2	4	4	32	10.10.2012							0
				P: kontrola po seřízení					V: žádné	-	-	2	4	4	*32	0

Tab. 5.4: P-FMEA

6. Ekonomické zhodnocení projektu

Návratnost investice

Doba návratnosti investice je důležitý a často používaný ukazatel hodnocení investic, který dává představu o době, po kterou bude ohrožený počáteční investiční kapitál. Doba, za kterou se nám určitá investice vrátí, je pochopitelně informací, která zajímá každého investora, bez ohledu na výši investovaných peněžních prostředků. Vedle dalších metod analýzy investic, je doba návratnosti také důležitým porovnávacím kritériem investičních projektů. Platí to jak pro investiční společnosti, tak i pro těžební firmy. Doba návratnosti se používá v několika variantách. V základní (zjednodušené) variantě se zpravidla definuje jako:

doba (počet let), za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj na investici. [6]

Původní stav:

Montážní linka **KARUSEL MLGB** – (2 operátoři na lince + 1 operátor na předmontáži)

Původní norma: 392 min/1000ks

Tarif operátora: 7,9 €/hod

Požadavek zákazníka: 2000000 ks/rok

Dostupnost zařízení: 91 % (duben 2013)

$$\text{Mzdové náklady} = \frac{\text{norma} \times \text{tarif} \times \text{požadavek}}{60 \times 1000} = \frac{392 \times 7,9 \times 2000000}{60000} = \mathbf{103226 \text{ €/rok}}$$

$$\text{Náklady na prostoje} = (100\% - \text{dostupnost}) \times \text{mzdové náklady} = 9\% \times 103226 = \mathbf{9290 \text{ €/rok}}$$

$$\text{Celkové náklady} = \mathbf{103226 + 9290 = 112516 \text{ €/rok}}$$

Dnešní stav:

Montážní linka **STEIN MLGB** - 2 operátoři na lince + 1 operátor na lisování plechů

Náběhová norma: 330 min/1000ks (cílová norma = 300min/1000ks)

Tarif operátora: 7,9 €/hod

Požadavek zákazníka: 2000000 ks/rok (za duben 2013 bylo vyrobeno **72%** výztuh s plechem na STEIN MLGB a **28%** na Karusel MLGB (cílový stav je min 90% výroba na STEIN MLGB))

Dostupnost zařízení: 94% (duben 2013)

$$\text{Mzdové náklady} = \frac{330 \times 7,9 \times 1440000}{60000} + \frac{392 \times 7,9 \times 560000}{60000} = \mathbf{91471 \text{ €/rok}}$$

$$\text{Náklady na prostoje} = (100\% - \text{dostupnost}) \times \text{mzdové náklady} = 6\% \times 91471 = \mathbf{5488 \text{ €/rok}}$$

$$\text{Celkové náklady} = \mathbf{91471 + 5488 = 96959 \text{ €/rok}}$$

■ Úspora nákladů v důsledku investice do nového lisovacího zařízení:

Úspora = (původní stav – dnešní stav)

$$= (103226 \text{ €/rok} + 9290 \text{ €/rok}) - (91471 \text{ €/rok} + 5488 \text{ €/rok}) = \underline{15557 \text{ €/rok}}$$

Investice do lisovacího stroje = 16420 €

Návratnost investice (bod zvratu) = investice/úspora za rok = 16420/15557 = **1,05 roku**

Jestliže beru v úvahu údaje za duben 2013 - náběhovou normu 330min/1000ks a výrobu z 72% na novém stroji, tak úspora je **15557 €/rok** a návratnost investice (bod zvratu) **1,05 roku**. Během prvních 3 měsíců provozu se očekává doladění detailů v procesu a zaškolení všech obsluh. Poté se nastaví cílová norma **300min/1000ks** a je očekávané minimálně **90%** vytížení nového stroje. Za tohoto stavu se dá předpokládat úspora **20113€/rok** a návratnost investice se sníží na **0,82 roku**.

$$\text{Mzdové náklady (1 – 3 měsíc)} = \frac{330 \times 7,9 \times 360000}{60000} + \frac{392 \times 7,9 \times 140000}{60000} = \underline{22848 \text{ €/rok}}$$

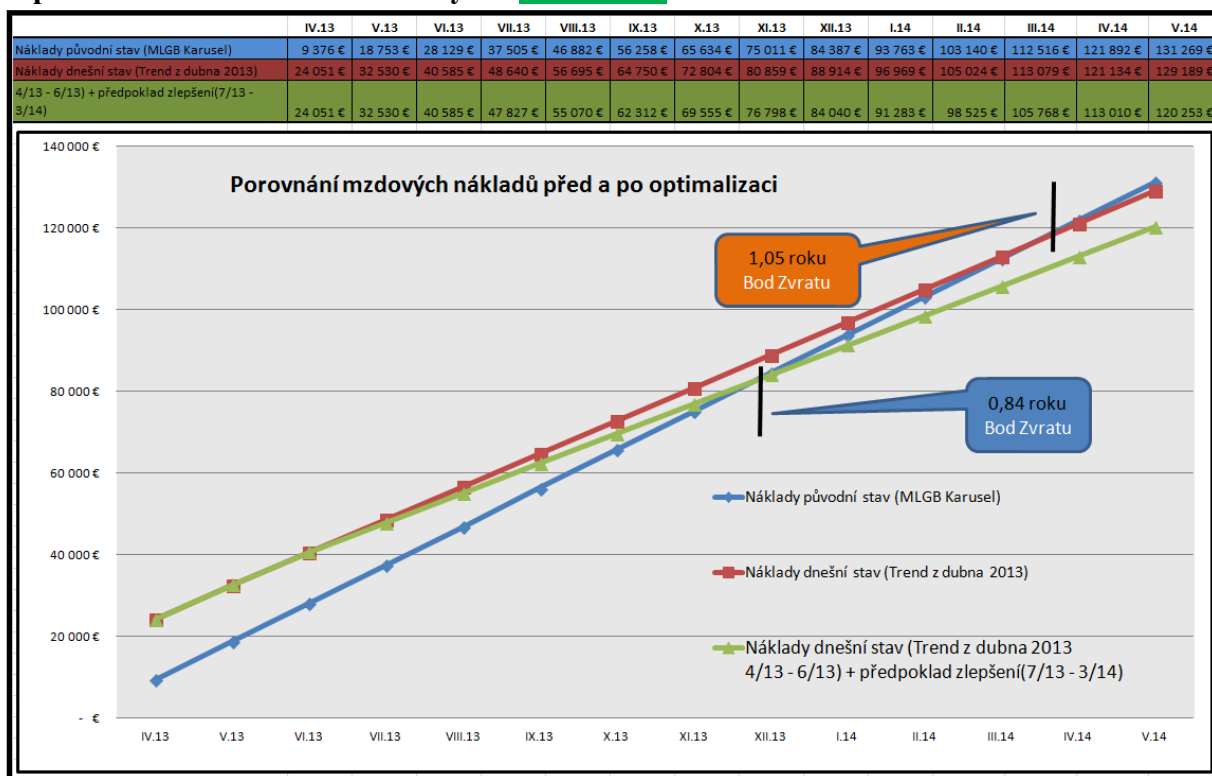
$$\text{Mzdové náklady (4 – 12 měsíc)} = \frac{300 \times 7,9 \times 1350000}{60000} + \frac{392 \times 7,9 \times 150000}{60000} = \underline{61067 \text{ €/rok}}$$

Úspora = (původní stav – dnešní stav)

$$= (103226 \text{ €/rok} + 9290 \text{ €/rok}) - (83915 \text{ €/rok} + 5488 \text{ €/rok}) = \underline{20113 \text{ €/rok}}$$

Návratnost investice (bod zvratu) = úspora za rok/investice = 16420/20113 = **0,84 roku**

Ve firmě WITTE Automotice je hranice návratnosti investice do inovací či optimalizací stanovena na 2 roky => SPLNĚNO



Obr. 6.1: Porovnání nákladů před a po optimalizaci

7. Závěr

V této diplomové práci byla řešena inovace lisovacího zařízení sloužícího k lisování bezpečnostního plechu do dveřní výztuhy automobilu. Na začátku projektu byly definovány cíle, které musí nový inovovaný stroj splňovat. Konkrétním cílům projektu, jejich splnění či nesplnění bude věnován poslední odstavec závěru diplomové práce.

Pomocí softwaru MS Project byl vypracován časový harmonogram prací, kde ukončení projektu bylo naplánované na polovinu května 2013. Nejprve byl popsán výchozí stav a to výroba na stávající výrobní lince MLGB Karusel a náhradním řešením používaném v případě poruchy. Bylo poukázáno na stávající problémy a nedostatky, mezi největší patřilo nekvalitní dolisování plechů, časté prostoje a nízká výrobní kapacita. Následovalo seznámení s dveřní výztuhou, současným layoutem a výrobním procesem. Podrobně byla vysvětlena funkce produktu v automobilu a za pomoci obrázků byl popsán celý proces začínající od výroby plastové výztuhy vstřikovacím strojem, přes dopravníkový systém dopravující výztuhy k výrobní lince, až po konečnou montáž a kontrolu výrobní sestavy. Velmi důležité bylo stanovit zákaznické potřeby a nejdůležitější požadavky na nový lisovací stroj. Tyto potřeby a požadavky byly definovány společně s konzultantem diplomové práce, senior kvalitářem a senior konstruktérem.

Poté započaly práce na tvorbě konceptů inovovaného lisovacího zařízení. Zpočátku vznikalo velké množství skic a nákrešů, postupně byl výběr zúžen na 5 různých variant lisovacího stroje, lišících se v koncepci, stupni automatizace, investici a také procesním čase lisování. Čtyři varianty spočívaly v umístění stroje nad dopravníkem od vstřikovacího stroje, jedna varianta spočívala v rozšíření stávající výrobní linky STEIN MLGB o lisovací stanici. Všechny 5 variant bylo vymodelováno v programu Autodesk Inventor 2012. Za pomoci rozhodovací analýzy byl vybrán koncept, který nejlépe splňoval zadání projektu. Nejlépe ze srovnání na základě jednotlivých zákaznických potřeb a požadavků vyšel Koncept č. 3 - Pneumatický lis pro dvě výztuhy a s propadem dílů na pás.

Vybraný koncept byl dále rozpracován. Hlavní částí lisovacího stroje je samozřejmě pneumatický pohon zajišťující lisování plechů. Pro výběr optimálně dimenzovaného pohonu bylo nutné stanovit sílu na zalisování plechu do výztuhy. Síla byla zjištěná na základě praktické zkoušky, a jelikož zkouška neprobíhala za ideálních podmínek, tak byla síla spočítána i za pomoci FEM analýzy. Po zjištění síly a zvolení bezpečnosti $k=1,5$ byl z katalogu firmy Festo vybrán optimální pneumatický pohon. Dalším krokem bylo detailní zkreslení lisovacího stroje včetně pracoviště pro obsluhu. Lisovací stroj se nachází nad pásem od vstřikovacího stroje, a jelikož výška zakládání pro díly se nachází ve výšce 1520mm od země, tak bylo nutné zkreslit i podstavec pro operátora vysoký 500mm a obsahující tři schůdky a zábradlí. Při navrhování stroje bylo dbáno na ideální dosahové vzdálenosti pro operátora a na optimálně a ergonomicky vhodně umístěné vstupující díly – výztuhy, plechy. Zakládání výztuh je ve výšce 1020mm, zakládání plechů ve výšce 1150mm, výztuhy obsluha odebírá z 750mm a plechy z 1050mm. Veškeré pohyby jsou tedy ve výšce 700 – 1200mm = což je limit ve firmě WITTE. Spouštění lisovacího cyklu je řešení za pomoci 2-tlačítka, tím je

zajištěné zabezpečení stroje proti úrazu. Proces montáže na tomto lisovacím zařízení byl zkontrolován analýzou rizik a chyb – metoda P-FMEA. Největší riziko spočívalo v nesprávně založených dílech, tento problém byl vyřešen Poka-yoke zakládáním a kontrolou přítomnosti dílu v zakládání indukčními čidly.

Projekt bylo samozřejmě nutné ekonomicky zhodnotit a spočítat návratnost investice do nového zařízení. Na základě výroby na tomto zařízení v dubnu 2013 byla vypočítána úspora mzdových nákladů oproti původnímu řešení 15557€/rok, což při investici do zařízení 16420€ znamená návratnost 1,05 roku. Po 3 měsících výroby se předpokládá nastavení finální normy a vyšší využití nového stroje. Za tohoto předpokladu dosahuje úspora 20113€/rok a návratnost investice, neboli bod zvratu je 0,84 roku. Tento projekt byl realizován z důvodu navýšení zákaznického požadavku, zkrácení výrobního taktu, zvýšení kvality a v neposlední řadě je plánováno dosáhnout úspory mzdových nákladů. **Všechny tyto kritéria se podařilo splnit.**

Konkrétní cíle:

40% navýšení výrobní kapacity: původní kapacita pro výrobu kovových variant byla 49140ks/týden na lince Karusel MLGB. Na novém stroji se předmontuje plech a montáž se dokončí na lince STEIN MLGB. Již na náběhovou normu se vyrábí 4000ks/směnu, při 18směnách/týden odpovídá výkonu 72000ks/týden => **46,5% navýšení výrobní kapacity**

15% snížení mzdových nákladů: původní náklady = 112516€/rok, náklady současné vypočtené na základě výroby v dubnu 2013 = 96959€/rok => **16% snížení mzdových nákladů**

Výrobní takt 5s/ks: dle MOST analýzy je vypočtený takt montáže 4,9s/ks. To je čas odpovídající finální plánované normě. V dubnu 2013 byla nastavena norma náběhová, odpovídající taktu montáže 5,6s/ks. Po zaškolení obsluh a odstranění počátečních problémů by nemělo nic bránit nasazení cílové normy.

Procesní čas lisování 1s/ks: Při výběru pneumatického pohonu byl spočítán čas sjetí a vyjetí pohonu 0,5s. Po sjetí pohonu dolů následuje odjezd zakládání od sebe, propad dílů, sjetí zakládání k sobě a vyjetí pohonu zpět nahoru. Finální čas odpovídá 1,9s/2ks => **0,95s/ks**

Max. investice 20000€: **Celková investice do zařízení byla 16420€**

Zvýšení kvality lisování plechů: za duben 2013 nebyla žádná reklamáce způsobená špatným zalisováním plechu => **není problém s nekvalitou**



Obr. 7: Foto realizace lisovacího stroje

Seznam použité literatury:

- [1] webová stránka: <http://www.witte-automotive.cz>
- [2] webová stránka: <http://www.wikipedia.cz>
- [3] webová stránka: <http://www.kistler.com>
- [4] webová stránka: <http://www.festo.cz>
- [5] webová stránka: <http://sst.opava.cz>
- [6] webová stránka: http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5_teorie.html
- [7] MAŠÍN, Ivan; ŠEVČÍK, Ladislav. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. 179 s. ISBN 80-903533-0-4.
- [8] LEPŠÍK, Petr, Ivan MAŠÍN. *Nástroje řízení projektů: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 202 s. ISBN 978-80-7372-854-0.

Seznam příloh:

- [1] Záznam z průběhu zkoušky lisovací síly
- [2] Materiálový list Ocel 1.0556
- [3] Výkresová dokumentace – Pracoviště lisování plechů (příloha)
- [4] Výkresová dokumentace – Lisovací stroj (příloha)





ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Bc. Lukáš Ondráček**

Studijní program: **N2301 – Strojní inženýrství**
Obor **3909T010 - Inovační inženýrství**

Zaměření: **Inovace výrobků**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace lisovacího přípravku pro lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu automobilu

Zásady pro vypracování:

Inovujte lisovací zařízení na lisování bezpečnostního plechu na dveřní výztuhu tak, aby bylo docíleno zlepšení kvality lisování plechu, zefektivnění výrobního procesu, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času oproti současnému zařízení. Zařízení musí být jednoduché, levné se snadnou údržbou a obsluhou.

- 1) Představení úkolu (předmět inovace, inovační záměr, seznámení s firmou, výrobkem a procesem výroby)
- 2) Seznámení se současným zařízením
- 3) Navrhnout 5 různých řešení lisovacího stroje
- 4) Dle identifikace zákaznických potřeb, zhodnocení nejdůležitějších kritérií a rozhodovací tabulky vybrat nejlepší řešení
- 5) Rozpracovat konečné varianty (FMEA, konstrukce, výpočty)
- 6) Popsat přínos nového lisovacího zařízení na zlepšení kvality lisování plechu, zefektivnění procesu výroby, zvýšení výrobní kapacity a snížení montážního času oproti současnému zařízení. Ekonomické zhodnocení.
- 7) Vytvořit výkresovou dokumentaci k lisovacímu zařízení
- 8) Závěr

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: cca 50 stran textu včetně obrázků
- grafické práce: množství nezbytné pro snadné pochopení látky čtenářem
výkresová dokumentace

Seznam literatury:

MAŠÍN, Ivan; ŠEVČÍK, Ladislav. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. 179 s. ISBN 80-903533-0-4.

MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 178 s. ISBN 978-80-7372-852-6

LEPŠÍK, Petr, Ivan MAŠÍN. *Nástroje řízení projektů: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. 202 s. ISBN 978-80-7372-854-0.

Leinveber, J. – Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Albra, Úvaly 2005. ISBN 80-736-01-6

webová stránka: <http://www.witte-automotive.cz/>

webová stránka: <http://www.festo.com>

webová stránka: <http://www.stranskyapetrzik.cz>

webová stránka: <http://www.haberkorn.cz>

Další zdroje

Interní podnikové materiály Witte-automotive

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc. TU Liberec**

Oponent diplomové práce: **Ing. Matěj Slába. WITTE Nejdek, spol. s r.o.**

Konzultant diplomové práce: **Bc. Petr Straka. WITTE Nejdek, spol. s r.o.**

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 11.12.2012

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedeném lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Přílohy: 1. Záznam z průběhu zkoušky lisovací síly

[illegible]

2. Materiálový list Ocel 1.0556

WNr.

(číslo materiálu)

1.0556

Mikrolegovaná ocel

OCEL

Kurzname (značka)

H400LA/ZStE420

Chemické složení [hm. %]

C	Si	Mn	P	S ¹⁾	Al	Nb ²⁾	Ti ²⁾
max 0,10	max 0,50	max 1,40	max 0,025	max 0,025	max 0,015	max 0,090	max 0,15

Normy DIN

DIN EN 10268-98

– ploché výrobky z mikrolegovaných ocelí s vyšší mezí kluzu válcované za studena k tváření za studena

SEN 093-87

– pásy a plechy válcované za studena z mikrolegovaných ocelí s vyšší mezí kluzu k tváření za studena

Mechanické vlastnosti³⁾

Rozměr t [mm]	≤ 3
Stav	převálcovaný za studena
Mez kluzu R _{0,2} nebo R _{p0,2} [MPa]	400–500
Mez pevnosti R _m [MPa] min	460
Tažnost A ₅₀ [%] min	18
Kontrakce Z [%]	–
Nárazová práce [J]	–
Tvrdost HB	–

Fyzikální vlastnosti

Hustota ρ [kg . m⁻³] 7 850

Technologické údaje

SVARITELNOST

vhodnost ke svařování je dána použitým postupem svařování; při objednávání je vhodné uvádět způsob svařování, při předpokládaném svařování plamenem je tento údaj nutný

TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY

min průměr trnu pro úhel ohybu 180° při zkoušce lámavosti (napříč) – 0,5 t

Použití

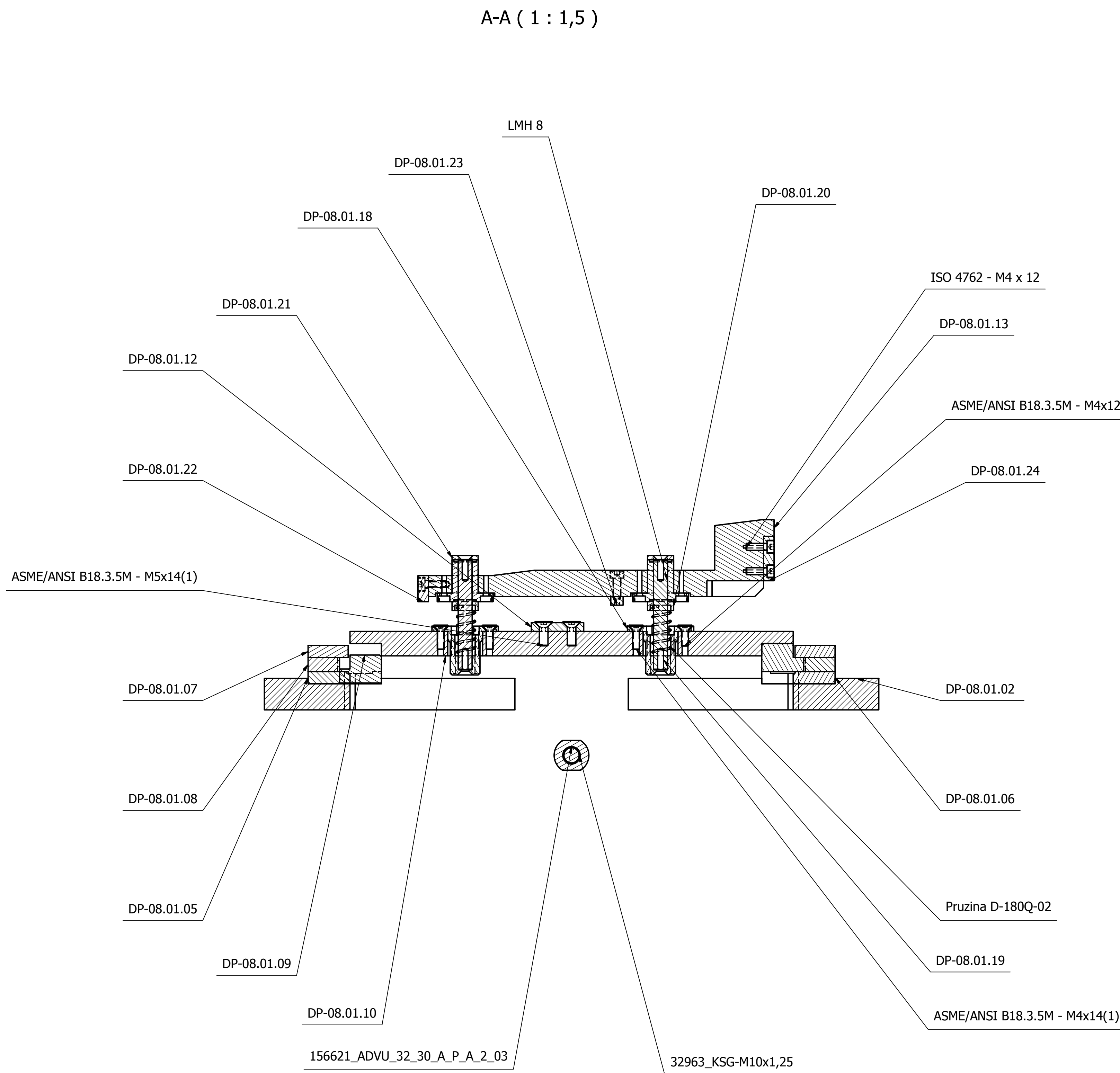
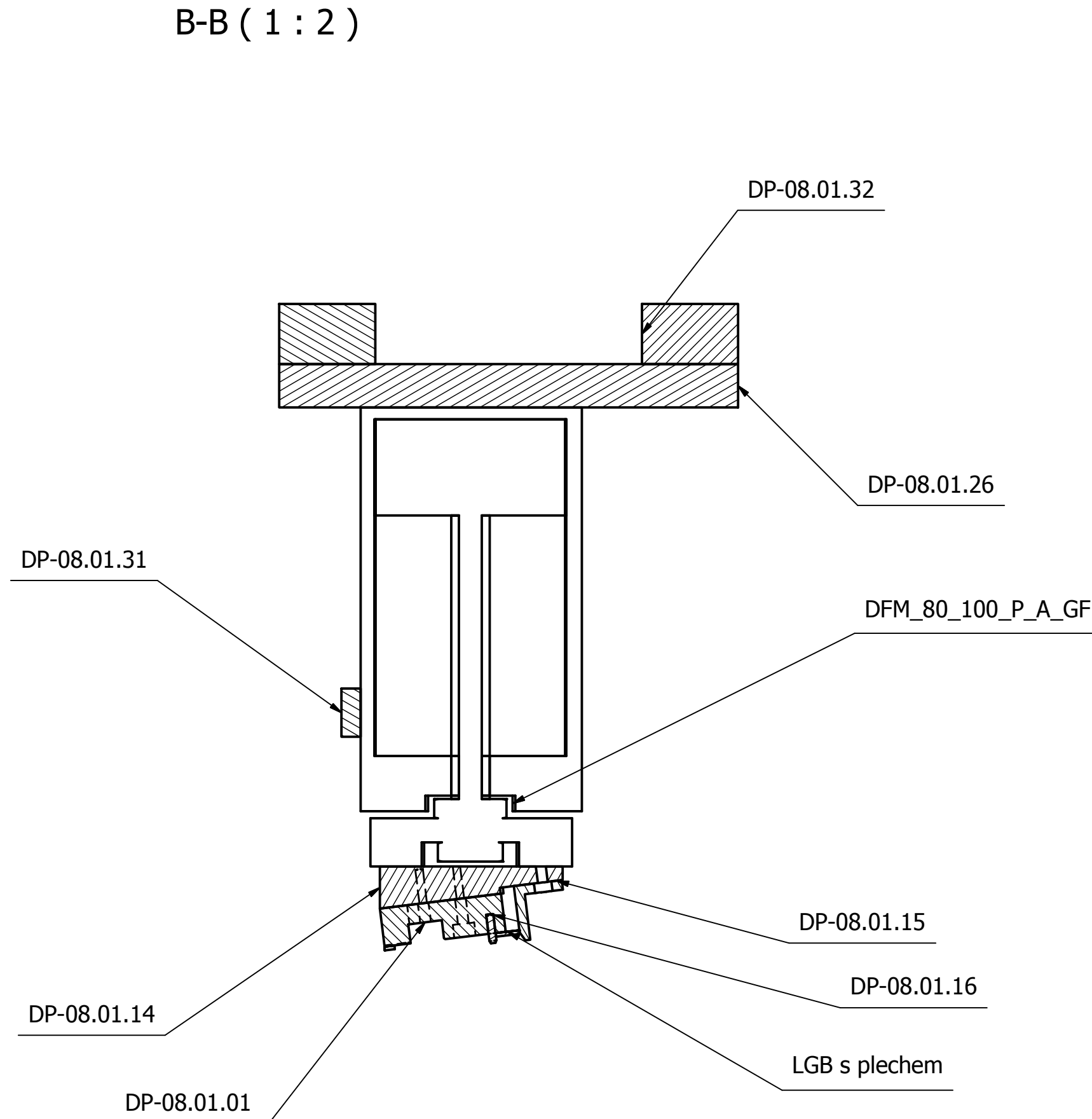
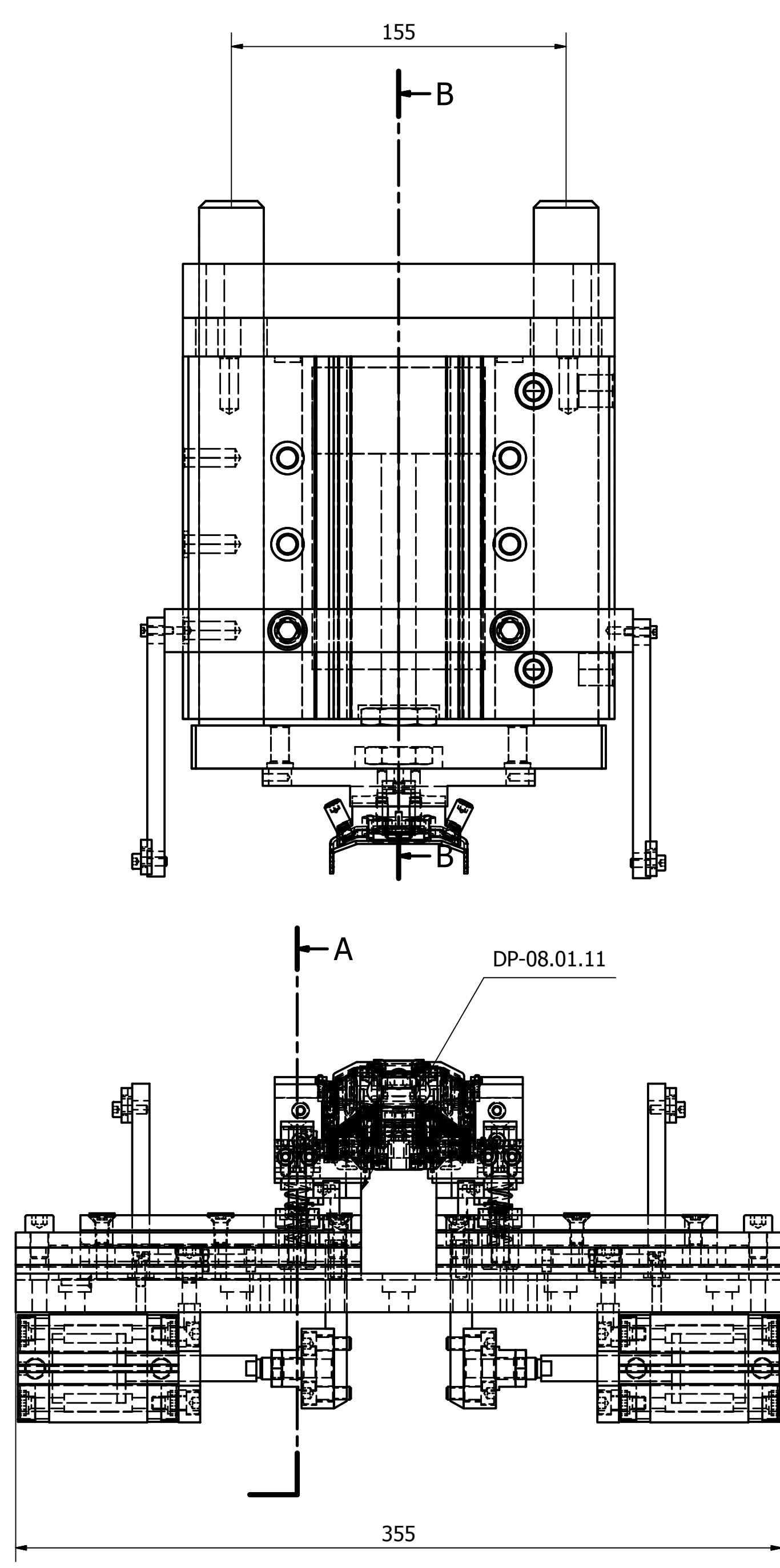
Výrobky tloušťky do 3 mm s vyšší mezí kluzu za studena tváření, vhodné k nanášení povlaků žárovým pokovováním, elektrolyticky a k nanášení organických povlaků. V případě, že se předpokládá nanášení povlaků, je nutné to uvést při objednávání.

Ostatní vlastnosti

způsob výroby: volí výrobce, pokud nebylo při objednávání dohodnuto jinak

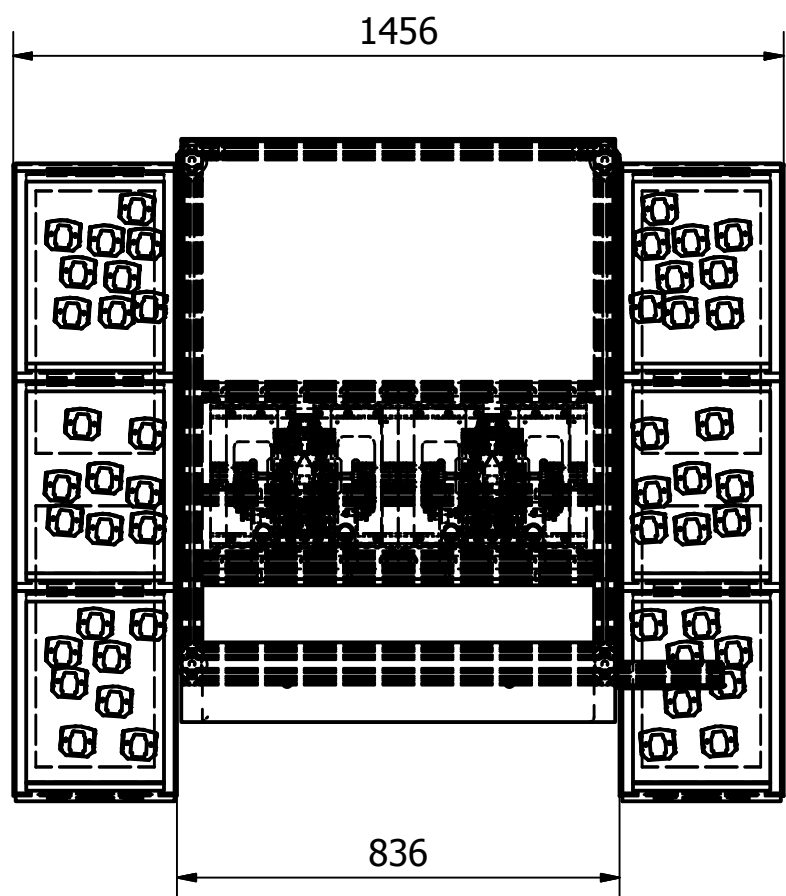
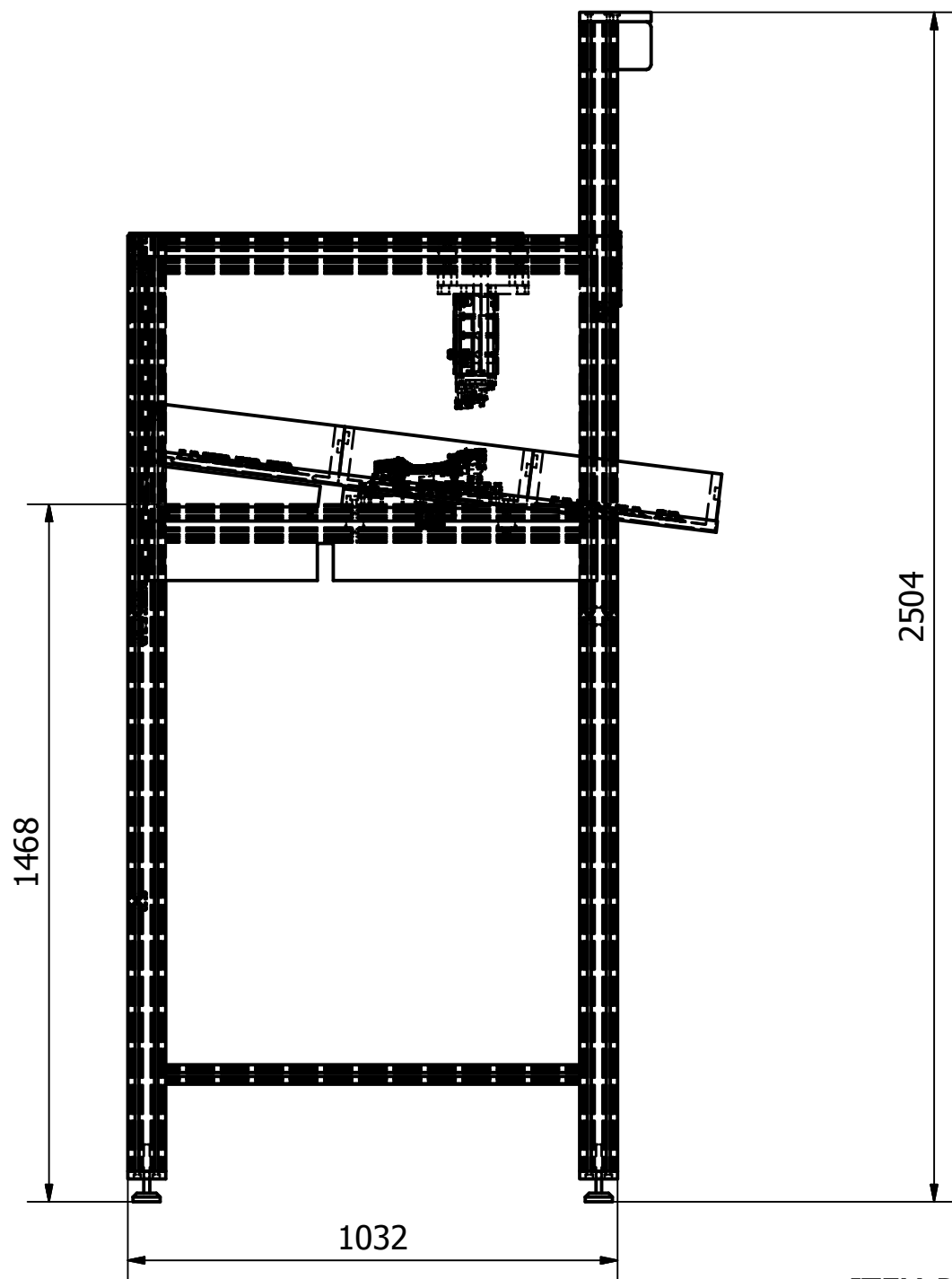
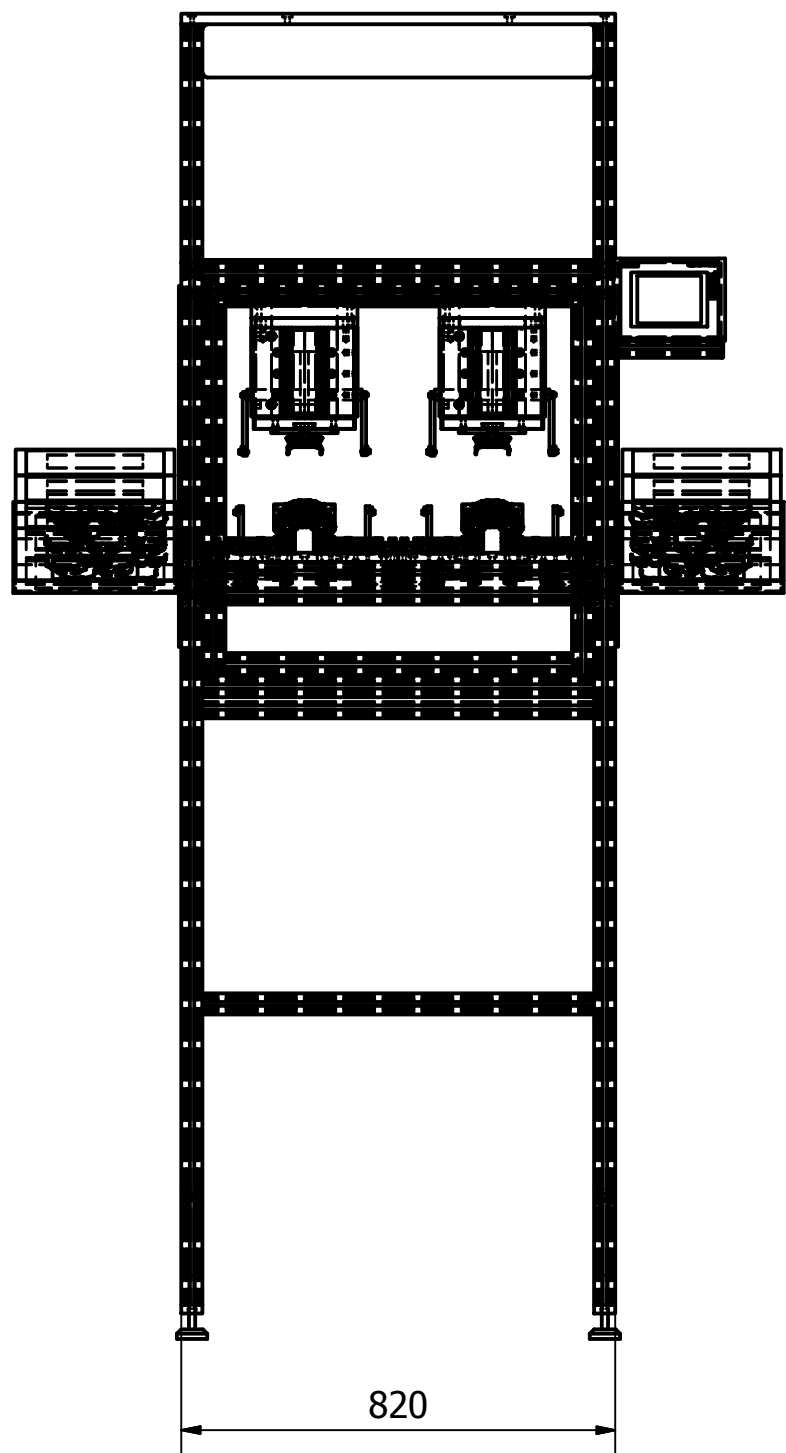
způsob desoxidace: plně ukladněná

velikost zrna: ocel musí být jemnozrnná (G ≥ 9) a obsahovat dostatečné množství prvků, které vážou dusík, jako Al a Ti

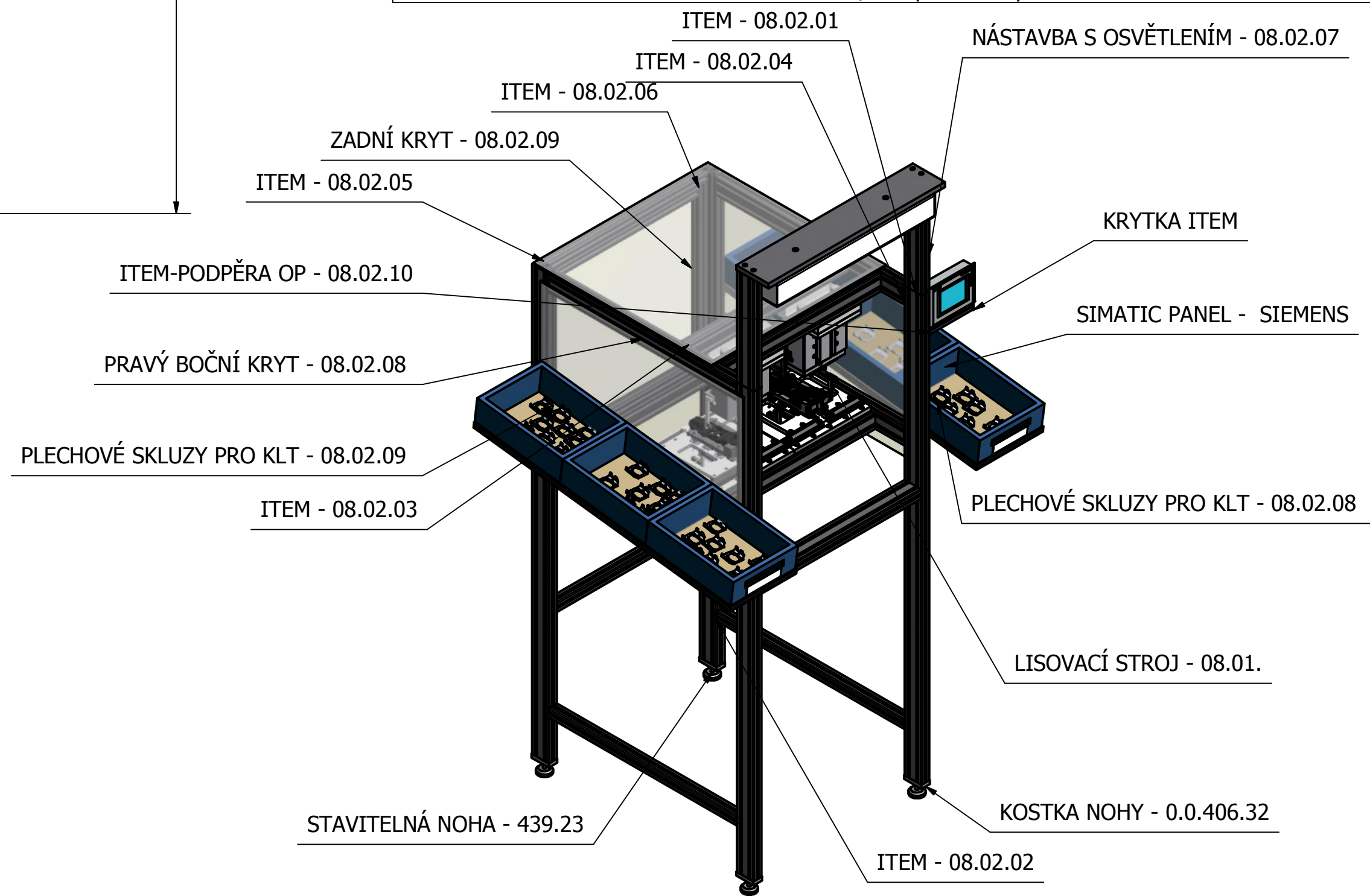


DP-08.01.24		1		
DP-08.01.22		1		
DP-08.01.13		1		
DP-08.01.12		1		
DP-08.01.11		1		
DP-08.01.10		1		
DP-08.01.31		1		
DP-08.01.30		2		
DP-08.01.29		4		
DP-08.01.28		2		
DP-08.01.26		1		
DP-08.01.24		1		
DP-08.01.23		2		
DP-08.01.22		1		
DP-08.01.21		4		
DP-08.01.20		4		
DP-08.01.19		4		
DP-08.01.18		4		
DP-08.01.17		2		
DP-08.01.16		3		
DP-08.01.15		1		
DP-08.01.14		1		
DP-08.01.13		1		
DP-08.01.12		1		
DP-08.01.11		1		
DP-08.01.10		1		
DP-08.01.09		4		
DP-08.01.08		4		
DP-08.01.07		4		
DP-08.01.06		2		
DP-08.01.05		2		
DP-08.01.04		2		
DP-08.01.03		2		
DP-08.01.02		1		
DP-08.01.01		1		
Pružina D-180Q-02		4		
LGB s plechem		1		
DP-08.01.32		2		
MATICE M6_M06		2		
DFM_80_100_P_A_GF		1		
LMH 8		4		
ISO 4762 - M8 x 12		8		
ISO 4762 - M6 x 16		16		
ISO 4762 - M6 x 10		8		
ISO 4762 - M4 x 12		18		
ISO 4762 - M3 x 12		4		
ISO 4762 - M10 x 40		2		
ASME/ANSI B18.3.5M - M6x8(1)		1		
ASME/ANSI B18.3.5M - M6x14(1)		11		
ASME/ANSI B18.3.5M - M5x14(1)		5		
ASME/ANSI B18.3.5M - M4x14(1)		3		
ASME/ANSI B18.3.5M - M4x12(1)		4		
ASME/ANSI B18.3.5M - M3x14(1)		1		
6HRM6x50		2		
32963_KSG-M10x1,25		2		
156621_ADVU_32_30 _A_P_A_2_03		2		
03030-08		2		
SOUČÁST	POZNÁMKY	KS	M.V.	T.D. PŘEVZAL,DATUM
Kusovník/nakupované díly				

NETOLEROVÁNÉ ROZMĚRY - ČSN ISO 2768-1			
ZN.MAT.	KS	T.O.	HODNOTY K DISPOZICI POZN.
ROZM. POLOT.			MĚŘITKO C.KUSOVNIKU
POM. ZÁR.			
VYPRACOVAL	L. Ondráček	3.4.2013	Č. POLOTOVARU
PREŽKOUSEL			STARÝ V.C.
VED. PROJEKTU			Č. DÍLU
	NÁZEV		Č. VÝKRESU
	Lisovací stroj		DP-08.01.
		LISTU: 1	LIST: 1



ITEM-PODPĚRA OP - 08.02.10		1			
KRYTKA ITEM		1			
ZADNÍ KRYT - 08.02.09		1			
PRAVÝ BOČNÍ KRYT - 08.02.08		2			
HORNÍ KRYT - 08.02.07		1			
ITEM - 08.02.06		1			
ITEM - 08.02.05		2			
ITEM - 08.02.04		4			
ITEM - 08.02.03		6			
ITEM - 08.02.02		2			
ITEM - 08.02.01		4			
PLECHOVÉ SKLUZY PRO KLT - 08.02.09		1			
PLECHOVÉ SKLUZY PRO KLT - 08.02.08		1			
SIMATIC PANEL - SIEMENS		1			
NÁSTAVBA S OSVĚTLENÍM - 08.02.07		1			
LISOVACÍ STROJ - 08.01.		2			
STAVITELNÁ NOHA - 439.23		4			
KOSTKA NOHY - 0.0.406.32		4			
SOUČÁST	POZNÁMKY	KS	M.V.	T.D.	PŘEVZAL,DATUM
Kusovník/nakupované díly					



NETOLEROVANÉ ROZMĚRY - ČSN ISO 2768-1/f					
ZN.MAT.	KS	T.O.	H.MOTNOST	ČÍSLO K DISPOZICI	MĚŘÍTKO A2
ROZM.-POLOT.			POZN.		Č.KUSOVNÍKU
POM.ZAŘ.					
VYPRACOVAL	L.Ondráček	3.4.2013			
PŘEZKOUŠEL			Č.POLOTQVARU		
VED.PROJEKTU			STARÝ V.Č.		
	NÁZEV		Č.DÍLU		
	RÁM STROJE S		Č.VÝKRESU		
	PŘÍSLUŠENSTVÍM		DP - 08.00.		
			LISTŮ: 1	LIST: 1	